

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA
Institut environmentálního inženýrství

Vliv spalovacích motorů na životní prostředí Ostravska

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor práce: Adam Rokoš
Vedoucí práce: doc. Ing. Daniela Plachá, Ph.D.

2011

VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY
Institute of environmental engineering

Combustion engine influence on the environment of Ostrava region

THESIS

Author: Adam Rokoš
Supervisor: doc. Ing. Daniela Plachá, Ph.D.

2011

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se věnuje působením spalovacích motorů na životní prostředí Ostravska. Názvem Ostravsko je myšleno město Ostrava a jeho těsné okolí. Obsahuje jak popis a historii spalovacích motorů a jejich paliv, tak jednotlivé emise ze silniční dopravy a technická opatření pro omezování škodlivých emisí.

Klíčová slova: *Emise, spalovací motory, životní prostředí, EURO normy, alternativní paliva, možnosti snížení emisí.*

ABSTRAC

This baccalaureate work is dedicated to the impact combustions engines to the environment of Ostrava region. Under name Ostrava region is meant City of Ostrava and surroundings It contains both a description and history of internal combustion engines and their fuels and their individual emissions from road transport and technical measures for reducing harmful emissions.

Keywords: *Emissions, combustions engines, environmental, Euro norms, alternative fuels, ways to reduce of emissins.*

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Adam Rokoš**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3904R005 Environmentální inženýrství
Téma: **Vliv spalovacích motorů na životní prostředí Ostravska**
Combustion engine influence on the environment of Ostrava region

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Spalovací motory
3. Palivo spalovacích motorů
4. Emise spalovacích motorů
5. Hodnocení emisí spalovacích motorů na Ostravsku
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:


1. Kompendium ochrany kvality ovzduší / editor Jiří Kurfürst. - Vyd. 1.. - Chrudim : Vodní zdroje Ekomonitor, 2008: il., mapy ISBN 978-80-86832-38-8
2. Hovorka F.: Technologie chemických látek. 1. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2005. Str. 181. ISBN 80-7080-588-9
3. Základy petrochemie / Peter Wiseman ; [z anglického originálu] přeložili Zdeněk Kafka a Mečislav Kuraš. - SNTL Praha
4. Blažek J., Rábl V.: Základy zpracování a využití ropy. 2. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2006.
5. Dopravný prostředek - jeho motor / Vladimír Hlavňa ...[et al.]. - 1. vyd.. - Žilina : Žilinská univerzita, 2000 - 442 s. : il.
6. Paliva a maziva motorových vozidel / František Vlk. - 1. vyd.. - Brno : F. Vlk, 2006 - vii, 376 s. : il.
7. Spalovací motory : karburátory a vstřikování paliva / Bohumil Ferenc. - Vyd. 1.. - Praha : Computer Press, 2004 - 388 s.: il.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Daniela Plachá, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2010

Datum odevzdání: 30.04.2011


prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu



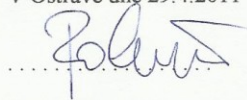

prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce doc. Ing. Daniele Plaché, Ph.D. za připomínky a čas, který věnovala mé práci.

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Ostravě dne 29.4.2011

A handwritten signature in dark ink, appearing to be 'Zolus', written over a dotted line.

(podpis)

OBSAH

ÚVOD.....	8
1 SPALOVACÍ MOTORY	9
1.1 Historie.....	9
1.2 Rozdělení spalovacích motorů podle duhu paliva	10
1.3 Rozdělení spalovacích motorů podle způsobu zapálení směsi.....	10
1.4 Princip činnosti spalovacího motoru.....	11
2 PALIVO SPALOVACÍCH MOTORŮ.....	12
2.1 Ropa.....	13
2.2 Základní zpracování ropy.....	13
2.3 Motorová paliva.....	13
2.3.1 Plyny.....	14
2.3.2 Benzíny	14
2.1.3 Petroleje	16
3 ALTERNATIVNÍ PALIVA SPALOVACÍCH MOTORŮ	16
3.1 Pohon ropným plynem LPG.....	17
3.2 Pohon zemním plynem CNG a LNG	18
3.3 Biopaliva a alkoholy	18
3.3.1 Rostlinné oleje a bionafta.....	19
3.3.2 Ethanol a methanol	20
3.3.2.1 Ethanol	21
3.3.2.2 Methanol	21
3.3.2 Bioplyn.....	22
3.3.2 Emulzní motorová nafta.....	22
4 EMISE SPALOVACÍCH MOTORŮ	23
4.1 Charakteristika vybraných škodlivin	24
4.1.1 Oxid uhličitý (CO ₂).....	24
4.1.2 Oxid uhelnatý (CO)	25
4.1.3 Oxid siřičitý (SO ₂)	25
4.1.4 Oxidy dusíku (NO _x)	26
4.1.5 Oxid dusný (N ₂ O).....	26
4.1.6 Oxid dusičitý (NO ₂).....	26
4.1.7 Ozon (O ₃)	27

4.1.8 Olovo (Pb).....	27
4.1.9 Chrom (Cr)	27
4.1.10 Platinové kovy (Pt, Rh, Pd).....	28
4.1.11 Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)	28
4.1.12 Methyl-terc.-butylen (MTBE)	29
4.1.13 Těkavé organické látky (VOC)	29
4.1.14 Formaldehyd.....	30
4.1.15 1,3-butadien.....	30
4.1.16 Suspendované pevné částice (PM)	30
4.2 Vliv spalovacích motorů na životní prostředí Ostravska.....	32
4.2.1 Znečištění ovzduší	32
4.2.2 Zdroje znečištění ovzduší.....	33
4.2.2.1 Charakteristika zdrojů znečištění ovzduší.....	33
4.2.3 Znečištění vlivem dopravy	37
4.2.4 Výsledky	40
5 MOŽNOSTI ZMÍRNĚNÍ NEGATIVNÍCH VLIVŮ	43
5.1 Zeleň jako optření pro zlepšení kvality ovzduší na území města Ostravy.....	43
5.2 Zvyšování atraktivity veřejné dopravy	44
5.3 Emisní limity a obnova vozového parku	44
5.4 Zařízení pro úpravu spalin	44
5.5 Zlepšení kvality pohonných hmot	45
5.6 Recirkulace výfukových plynů.....	46
ZÁVĚR.....	47
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	48
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ.....	52
SEZNAM OBRÁZKŮ	54
SEZNAM TABULEK	56
SEZNAM PŘÍLOH	57

Úvod

Tato práce je věnována vlivům spalovacích motorů na životní prostředí Ostravska. Automobilové motory produkují do ovzduší mnoho škodlivých látek, které jsou zdraví škodlivé a rovněž škodlivé k životnímu prostředí. V této práci je popsána historie spalovacích motorů, jejich činnost a samozřejmě vlivy spojené s jejich provozem.

Budou zde brány v úvahu pouze emise pocházející se spalovacích procesů v automobilovém motoru. Ostatní emise pocházející z dopravy, jako jsou emise vznikající při otěru pneumatik, brzd nebo opotřebení silničního zařízení, či energií na provoz dopravního zařízení se nebudou z důvodu rozsahu této práce uvádět.

Automobilová doprava je neodmyslitelnou součástí každodenního života. Rychlost růstu počtu vozidel a přepravních výkonů je mnohem rychlejší, než obnova vozového parku za energeticky efektivnější vozy splňující dnešní požadavky na škodliviny ve výfukových plynech. Se zvyšující se dopravou, dochází ve městech ke znečištění ovzduší ze spalovacích procesů spalovacích motorů, a tím uvolňování škodlivin výfukových plynů do okolí. Ty mají negativní vliv na zdraví člověka, a také na životní prostředí. Výfukové plyny spalovacích motorů nejsou jediným problémem silniční dopravy ve městech a mimo ně. Vlivem zvyšování počtu automobilů se stávají silnice méně průjezdné a dochází k častým zácpám, kdy je okolí je více namáháno hlukem a vibracemi a. Vlivem provozu vozidla se do ovzduší dostávají další škodliviny. Proto se každá města snaží preferovat městskou hromadnou dopravu. Ke snížení nákladní dopravy vně měst dochází budováním městských obchvatů, kdy je alespoň částečně uvolněn provoz. Rovněž se v posledních letech rozsáhle diskutuje o globálním oteplování, ke kterému dochází působením skleníkových plynů, které se drží v atmosféře a absorbují dlouhovlnné infračervené záření zpětně vyzařované z povrchu planety. Tím dochází k ohřívání spodní vrstvy atmosféry a zemského povrchu.

1. SPALOVACÍ MOTORY

Spalovací motory přeměňují energii obsaženou v palivu na energii pohybovou. Přeměna probíhá ve válcích motoru, kde je palivo spáleno a uvolněná energie vytvoří tlak na píst válce jehož posuvem se přeměňuje tlaková energie na mechanickou. Píst je spojen klikovou hřídelí motoru, která převádí jeho posuvný pohyb na otáčivý. Aby mohlo být po shoření paliva přivedeno do válce palivo čerstvé, jsou z válce vytlačeny zbytky hoření ve formě výfukových plynů [1].

1.1 Historie

První pístový motor navrhl roku 1794 Angličan Street. Ve válci tohoto motoru se měly spalovat páry terpentýnového oleje smíšeného se vzduchem a po zapálení vnějším teplem měly působit přímo na píst. Ani tato myšlenka nebyla prakticky uskutečněna, zejména pro nedostatek vhodných paliv. Teprve použití svítiplynu pro osvětlování poskytlo vhodné motorové palivo, vývoj skutečně fungujícího spalovacího motoru však trval ještě téměř 70 let. Po vzoru úspěšně stavěných parních strojů postavil roku 1860 Francouz Lenoir motor na svítiplyn, který se vcelku dobře uplatnil i při praktickém použití. Byl to ležatý dvojčinný motor se šoupátkovým rozvodem [2].

Na Světové výstavě v Paříži roku 1867 předvedli Otto a Langen z Kolína nad Rýnem svůj atmosférický plynový motor. Motor byl řešen jako jednočinný stojatý a princip jeho práce vyžadoval, aby místo klikového mechanismu byla k pístu pevně připojena ozubená tyč. Tato tyč zabírala do ozubeného kola, umístěného na hlavním hřídeli, který byl uložen nad pracovním válcem [2]. V roce 1878 předvedl Otto svůj ležatý čtyřdobý vodou chlazený motor na svítiplyn. Motor měl výkon asi 3 kW při 170 otáčkách za minutu [2]. Teprve během let 1893 až 1897 vypracovala strojírna v Augsburgu návrh motoru na těžší kapalná paliva, pracujícího přibližně rovnotlakým způsobem. Pro návrhy byly použity výsledky zkoušek, které měly vést ke konstrukci původně navrženého Dieselem. Jeho pracovní způsob měl být praktickým přiblížením ke Carnotovu cyklu s maximálním tlakem 25 MPa. Palivem mělo být práškové uhlí a vypočítaná termická účinnost měla činit 72 %. Motor neměl chlazený válec. Uvedený pracovní postup se nedal prakticky využít, ale vedl po dlouhé řadě zkoušek a konstrukčních změn ke konstrukci vodou chlazeného motoru, ve kterém se téměř rovnotlase spalovala kapalná paliva [2].

Dnešní motory však již nepracují s původním rovnotlakým cyklem, ale používají cyklus smíšený, při kterém po vznícení roste ve válci tlak i objem spalín [2].

1.2 Rozdělení spalovacích motorů podle druhu paliva

Kapalná paliva se používají pro spalovací motory v dnešní době nejvíce. Jejich výhodou je možnost snadného uskladňování i jednoduchá doprava. Směs se vzduchem se netvoří tak snadno jako u paliv plyných. V zásadě se kapalná paliva dělí na lehká (benziny) a těžká (nafta). Základním zdrojem těchto uhlovodíkových paliv je ropa, lze však použít i uhlí. [2]

Jako plyná paliva se používají dobře vyčištěné plyny ve směsi se vzduchem. Důležitá je přiměřená rychlost hoření a vysoká výhřevnost, protože to ovlivňuje výkon motoru. [2]

Vzhledem k tomu, že plyny se velmi snadno směšují se vzduchem, představují teoreticky nejvhodnější palivo motorové palivo.

1.3 Rozdělení spalovacích motorů podle způsobu zapálení směsi

- Motory s umělým zažehnutím

Takto pracující motory jsou označovány jako spalovací motory zážehové. Umělé zažehnutí se používá hlavně u motorů na plyná a lehká kapalná paliva. Okamžik zážehu, který je proveden elektrickou jiskrou je možno časově velmi přesně seřídít.

- Motory se samočinným vznícením

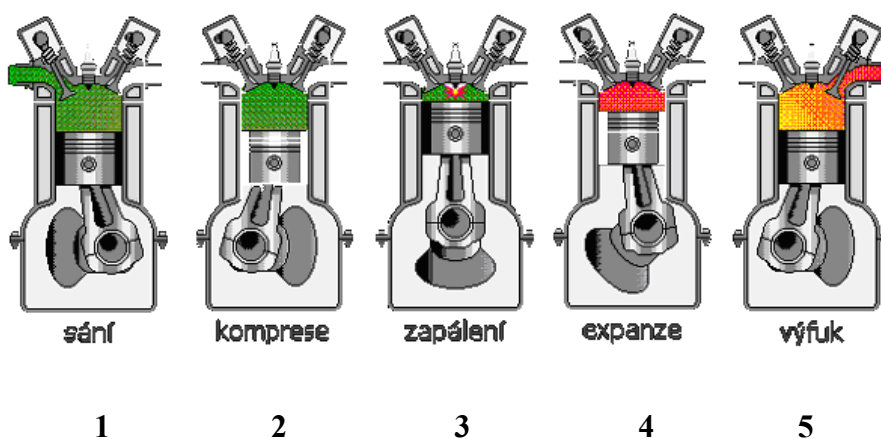
Vznícení se docílí vstříknutím paliva do vzduchu zahřátého kompresí na teplotu vyšší, než je zápalná teplota paliva. Tento druh zapálení směsi se používá zejména pro těžká kapalná paliva a motory, které patří do této skupiny, se nazývají vznětové.

1.4 Princip činnosti spalovacího motoru

Základem činnosti spalovacího motoru je jeho pracovní oběh (cyklus), který se skládá ze

- čtyř fází :
1. Sání
 2. Komprese (stlačování)
 3. Expanze (rozpínání)
 4. Výfuk

Každá doba proběhne za jeden zdvih pístu. K vykonání jednoho pracovního cyklu jsou zapotřebí čtyři zdvihy pístu, tj. dvě otáčky klikové hřídele, jak je vidět na obrázku 1. Při sání vzniká ve válci podtlak, to znamená, že tlak v okolí je vyšší než tlak ve válci a vzduch je nasáván do sacího systému. U zážehového motoru se palivo vstřikuje pomocí vstřikovačů do válce, kde se mísí se vzduchem. Vstřikovače zajišťují lepší rozprášení paliva, než tomu bylo u karburátorových motorů. Karburátory se dnes při výrobě automobilů nepoužívají, jejich nevýhodou byla vysoká spotřeba paliva a oproti vstřikování horší promísení paliva se vzduchem. U karburátorů docházelo k míšení paliva se vzduchem v difuzoru a následně přes sací ventil proudila směs do spalovacího prostoru. Když je směs nasáta (1) ve spalovacím prostoru, sací ventil se uzavře a nastává stlačení (komprese), až je palivo stlačeno (2), je těsně za horní úvratí zažehnuto (3) pomocí zapalovací svíčky. V tomto okamžiku jsou sací i výfukový ventil uzavřeny a motor koná práci. Až píst dosáhne dolní úvratí 4, otevře se výfukový ventil a spaliny odcházejí do výfukového potrubí 5. Celý cyklus se dále opakuje (sání, stlačení, zapálení...)



Obrázek 1 Pracovní cyklus spalovacího motoru [3].

Naproti tomu u naftových (Diesel) motorů nedochází k promísení směsi ve spalovacím prostoru. Vzduch se ve válci stlačuje na velkou teplotu a tlak. Těsně za horní úvratí dochází k vstříknutí paliva a to se vznítí (Dieselové motory = vznětové, naftové). Využívá se zde tlaku a teploty vzduchu. Celý cyklus je přitom stejný jako u motorů zážehových.

2. Palivo spalovacích motorů

Paliva pro spalovací motory lze rozdělit na:

- konvenční: a) uhlovodíková: kapalná (benzín, nafta)

- alternativní: a) plynná (LPG, CNG, LNG)

- uhlovodíková: LPG

- zemní plyn: LNG, CNG

- b) alkoholy, vodík

- c) biopaliva

Nejrozšířenějšími palivy jsou kapalná uhlovodíková paliva, která se vyrábějí z ropy, tedy benzín a nafta. Kapalná uhlovodíková paliva se rozdělují podle bodu varu na dva základní druhy [4]:

- benzín automobilový

- nafta motorová

2.1 Ropa

Ropa je kapalná směs uhlovodíků fosilního původu (uhlí, zemní plyn, ropné písky, břidlice) což znamená, že vznikla v dávné minulosti a její zásoby jsou proto omezené, stejně jako ostatních fosilních paliv a minerálů. Ropa je výchozí surovinou v petrochemickém průmyslu [5]. Ropa z různých oblastí a různých ložisek má rozdílné složení i vzhled. Některé ropy jsou průzračné, málo viskózní kapaliny, jiné představují polotuhé vysoce viskózní materiály. Některé mají příjemnou vůni, jiné nepříjemně zapáchají [6].

Ropa je tekutá světle žlutá až temně černá hmota o hustotě 0,73 i přes 1 tm^{-3} . Obsahuje 80 až 85 %hm uhlíku, 10 až 15 %hm vodíku, 4 až 7 %hm síry, něco co málo dusíku a rovněž stopy sloučenin kovu, zejména vanadu [5].

2.2 Základní zpracování ropy

Ropa se většinou nejprve odsoluje, a pak se atmosférickou a vakuovou destilací redestiluje na několik užších frakcí, které se zpracovávají samostatně. Ropa se zpracovává v rafinériích, na které mohou navazovat petrochemické závody [7].

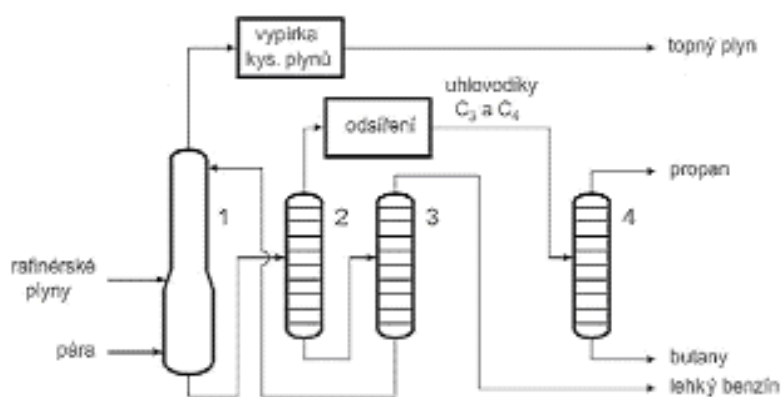
Ropa se po odsolení redestiluje atmosférickou destilací v jedné nebo více kolonách na plyny, lehký benzín, těžký benzín, petrolej, plynový olej a jako destilační zbytek zůstane mazut [7]. Ropa je hlavní surovinou pro výrobu pohonných hmot, které se dělí na kapalné (automobilový benzín a nafta) a plynné (LPG).

2.3 Motorová paliva

Mezi motorová paliva se zařazuje automobilový benzín, motorová nafta, letecký benzín, letecký petrolej a LPG. K jejich výrobě nelze přímo použít frakce získané při destilaci ropy, ale musí se předem rafinovat. Rafinace obvykle spočívá v jejich odsíření a u motorových naft se musí v některých případech snížit obsah aromatů, protože mohou mít negativní vliv na jejich užité vlastnosti [7].

2.3.1 Plyny

Při destilaci ropy se uvolňují plyny obsahující uhlovodíky C_1 až C_4 . Uhlovodíkové plyny z různých rafinérských procesů se před vstupem do vypírací (absorpční) kolony stlačí na cca 1,4 MPa. Absorpční kolona se skládá z absorpční a stripovací části. Zde se pomocí absorpčního roztoku tvořeného málo těkavou ropnou frakcí (těžký benzín) zachytí C_3 až C_6 uhlovodíky. Z hlavy kolony odchází plyn obsahující methan a ethan. Tento plyn se po odstranění sulfanu používá jako topný plyn, nebo je surovina pro výrobu vodíku parním reformováním [8]. Dále se získávají uhlovodíky C_3 a C_4 . Po odsíření se rozdělí na propan a butany, vhodnější označení je LPG (Liquified Petroleum Gas) [7]. Tato směs se používá v domácnostech pro vaření nebo jiná varianta se používá pro pohon zážehových spalovacích motorů, což přináší určité výhody [5]. Dělení rafinérských plynů popisuje obrázek 2.



Obrázek 2 Dělení rafinérských plynů [8]

2.3.2 Benzíny

Benzíny se dělí na technické (rozpuštědla), automobilové a letecké [5]. Automobilové benziny představují největší podíl z výroby benzinů. Samotnou frakci z destilace ropy nelze použít, musí být dále se upravena celou řadou operací. V benzínu je třeba zvýšit podíl rozvětvených uhlovodíků (izoalkany) a aromátů (především toluen, xyleny, ethylbenzen), což jsou látky, které mají vysokou účinnost vůči klepání. Tento jev, známy jako klepání při spalování nebo-li detonační spalování je způsoben tím, že se za určitých okolností prudce tvoří radikály a spálení proběhne mnohem rychleji než za normálních podmínek, důsledkem je prudké zvýšení tlaku. Klepání se projeví úderem na píst, což vede k poškození ložisek ojnice, klikové hřídele, snižuje se výkon motoru apod. [5]

Benzín se připravuje míšením frakcí z izomerace uhlovodíků (izoalkany) a z reformování (aromatizace) uhlovodíku. Každá rafinerie může používat jiné frakce pro míšení benzínu [5]. Do benzínu se dále přidávají některé kyslíkaté sloučeniny (methanol, ethanol) nebo některé ethery (např.: MTBE – methyl-terc.butylether). Tyto kyslíkaté sloučeniny mají vysoké oktanové číslo a do určité koncentrace zlepšují složení výfukových plynů [5].

V minulosti se při výrobě automobilových benzínů používaly frakce získané při destilaci ropy, tzv. primární benzín. Oktanové číslo je uměle vytvořená stupnice, kde hodnota 0 odpovídá n-heptanu a hodnota 100 izooktanu (2,2,4 - trimethylheptan). Oktanové číslo stanovuje na motorech s proměnným kompresním poměrem porovnáním zkoumaného paliva se směsí n-heptanu a izooktanu [8].

Největších účinnosti při zvyšování oktanového čísla bylo dosaženo použitím tetraethylolova [$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$] a tetramethylolova [$\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$]. Z počátku se používala koncentrace $1,4 \text{ g Pb} \cdot \text{dm}^{-3}$, postupně se snižovala na $0,15 \text{ g Pb} \cdot \text{dm}^{-3}$ a nakonec bylo přidávání sloučenin olova do automobilových benzínů v průmyslově vyspělých státech úplně zakázáno. Olovnaté sloučeniny se s výfukovými plyny dostávaly do ovzduší a kontaminovaly životní prostředí. V ČR byla zastavena výroba olovnatých benzínů k 1. 1. 2001 [8].

Počátkem sedmdesátých let minulého století začalo v USA používání bezolovnatých benzínů a katalyzátorů výfukových plynů. V Evropské unii byly katalyzátory v nových automobilech povinně zavedeny od roku 1993. Katalyzátory byly nejprve oxidační, ty snižují pouze emise nespálených uhlovodíků (C_xH_x) a oxidu uhelnatého (CO), později byly zavedeny řízené, tzv. třicestné katalyzátory, které snižují jak emise C_xH_x a CO, tak emise oxidů dusíku. Správná funkce katalyzátorů vyžaduje poměrně přesné vstřikování paliva, které je řízeno obsahem kyslíku ve výfukových plynech. Jeho koncentrace je snímána kyslíkovou sondou (lambda sonda). Poměr vzduchu a paliva výrazně ovlivňuje průběh a rychlost spalování paliva a tím i složení výfukových plynů [8].

2.3.3 Petroleje

Petrolej se používá po odsíření pro svícení. Část petroleje se mísí s plynovým olejem na motorovou naftu [5]. Motorová nafta se používá pro pohon vznětových (Dieselových) motorů. Vznětové motory pracují s větším kompresním poměrem (až 1:25), čím je dosaženo vyšší teploty a směs nafty a vzduchu se samovolně vznítí. Motorová nafta je směs kapalných uhlovodíků, která vře v teplotním rozmezí cca 150 – 370 °C [7]. Motorové nafty se vyrábějí mísením odsířených petrolejů a plynových olejů z termického katalytického krakování. Druhým zdrojem je hydrokrakování vakuových olejů a vakuových zbytků, které umožňuje získat velmi kvalitní naftu [8].

Spotřeba motorové nafty ve světě i v České republice stále roste. Předpokládá se další nárůst množství vozidel se vznětovým motorem, především u osobních automobilů a také nárůst průměrného ročního počtu ujetých kilometrů u osobních automobilů. Obě tyto skutečnosti pak povedou k větší výrobě a spotřebě motorové nafty [7].

3. Alternativní paliva spalovacích motorů

Automobil je jedním z nejvýznamnějších vynálezů v dějinách lidstva. Vzhledem k docházejícím zásobám ropy a nesmírným problémům se znečištěním životního prostředí začali lidé hledat alternativní zdroj energie. Šlo jim o energii, která bude méně škodit životnímu prostředí a zároveň zaručí, že doprava v budoucnu nevymizí [9]. Mezi alternativní pohony řadíme pohony plynové, elektrické, hybridní a elektrické. Alternativními nazýváme paliva, která nahrazují automobilový benzín nebo motorovou naftu [10].

Při použití alternativních paliv je důležité, zda je nutno provést dodatečnou úpravu motoru. Některá alternativní paliva takovou změnu nevyžadují, jako např. použití motorové nafty a směsného paliva s obsahem methylesterů řepkového oleje, použití emulgované nafty, kdy emulze obsahuje 85 % motorové nafty, 13 % vody a 2 % činidel, které zajišťují velmi malou velikost kapek rozptýlené vody. U motorů zážehových úpravu motoru nevyžaduje použití směsi ethanolu s benzinem [9].

Použití alternativních paliv s potřebou úpravy vozidla

Do této skupiny patří taková alternativní paliva, jejichž použití vyžaduje určité technické úpravy. Ty mohou být jednoduché nebo složité. Mezi paliva, která vyžadují jednoduchý zásah, patří čistý methylester řepkového oleje (MEŘO). Změna proti původnímu nastavení vznětového motoru spalujícího motorovou naftu není zásadní [10].

Složitější úprava, která spočívá v montáži druhé palivové soustavy, nastává u zážehových motorů při volbě alternativního paliva LPG (zkapalněný ropný plyn), CNG (stlačený zemní plyn) nebo LNG (zkapalněný zemní plyn). Výhodou je volba provozu na konvenční nebo alternativní palivo. Nevýhodou pak zmenšení zavazadlového prostoru, kde je přimontována palivová nádrž. Palivová nádrž se také montuje do prostoru určeného pro rezervní kolo, které potom zabírá místo v zavazadlovém prostoru nebo zcela chybí [10].

Použití alternativního paliva se zásadní konstrukční změnou motoru

Tato změna přichází v úvahu při použití alternativního paliva jako LPG (zkapalněný zemní plyn) nebo CNG (stlačený zemní plyn) u vznětových motorů. Dochází ke změně kompresního poměru, tvaru spalovacího prostoru. Je potřeba vestavit svíčky do hlavy válců. Vznětový motor je tak přestavěn na motor zážehový [10].

3.1 Pohon ropným plynem LPG

LPG vzniká při rafinaci ropy anebo jako kapalná frakce separovaná od methanu v průběhu těžby zemního plynu [10]. Zkapalněný plyn, který je především směsí propanu a butanu, obsahuje velmi málo síry, žádné olovo a žádné aromatické uhlovodíky. Umožňuje dosáhnout velmi homogenní směsi vzduchu s palivem, která je dobře rozdělitelná mezi válce, což je značná výhoda pro spalování [9]. LPG mají o 5 % až 10 % vyšší oktanové číslo než benzín, takže motor může mít vyšší kompresní poměr a tím i vyšší účinnost [10]. Spalování propanu a butanu se jen minimálně zatěžuje ovzduší. Propan i butan jsou v plynném skupenství těžší než vzduch a při náhodném úniku se vytékající plyn vlivem snížení tlaku ihned odpařuje. Nerozpouští se ve vodě, při styku s vodou se ihned odpaří, a tak nedochází ke znečištění povrchových ani podzemních vod [5].

3.2 Pohon zemním plynem CNG a LNG

Zemní plyn sestává asi z 85 % metanu, 10 % dusíku a oxidu uhličitého a z 5 % vyšších uhlovodíků [9]. Pod zkratkou CNG (compressed natural gas) se rozumí stlačený zemní plyn. Zkratkou LNG (liquified natural gas) se označuje zkapalněný zemní plyn. K dosažení kapalného stavu je potřeba teplota -162°C [7]. Mezi výhody CNG a LNG patří především složení. Zemní plyn obsahuje především nejjednodušší uhlovodík - metan. Vozidla na zemní plyn produkují výrazně méně škodlivin než vozidla s klasickým palivem. Rovněž vliv na skleníkový efekt je u plyných motorů menší v porovnání s benzínem či naftou [9]. Produkce CO_2 u vozidla na zemní plyn je o více než 20 % menší než u srovnatelného vozidla na benzin. Saze a oxid siřičitý se v případě zemního plynu takřka prakticky netvoří [9]. V tabulce 1 je uvedeno porovnání produkce škodlivin vozidly spalující CNG, benzín a naftu.

	CNG vs benzín	CNG vs nafta
prach/popílek	- 100 %	- 100 %
oxid uhličitý (CO_2)	- 25 %	- 15 %
oxid siřičitý (SO_2)	- 100 %	- 100 %
oxidy dusíku (NO_x)	- 20 %	- 80 %
uhlovodíky (H_xC_y)	- 80 %	- 80 %
oxid uhelnatý (CO)	- 75 %	- 50 %

Tabulka1 Porovnání škodlivin vozidel na CNG proti benzínovým a naftovým vozidlům [11]

3.3 Biopaliva a alkoholy

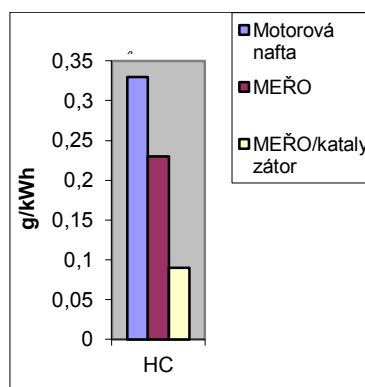
Biopaliva jsou automobilová paliva vyrobená z biomasy. Jedná se především o bionaftu, bioethanol a bioplyn. Náhrada části fosilních paliv obnovitelnými biopalivy je také jedním ze strategických cílů Evropského společenství, jejichž součástí je snižování závislosti na importu ropy, snižování vlivu dopravy na životní prostředí atd. [12]. Biomasa byla zdrojem energie ještě dřív, než se začal používat benzín. Výroba alkoholů (methanolu a ethanolu) pro technické účely z biomasy je známá mnohem déle. Už od třicátých let 20. století se

užívalo alkoholu jako motorového paliva [9]. V současnosti jsou nejdůležitějšími palivy vyráběnými z biomasy methanol, ethanol (ethylalkohol) a bionafta [9].

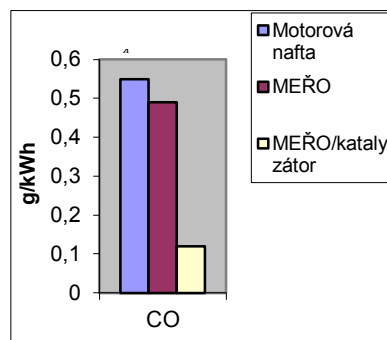
3.3.1 Rostlinné oleje a bionafta

Od sedmdesátých let minulého století je zkoumána možnost využití řepkového oleje pro pohon vznětových motorů. Ukázalo se, že pohon na řepkový olej u běžných naftových motorů není možný [9]. Pro spalování řepkového oleje je nutno vznětové motory přestavět nebo přepracovat řepkový olej na metylester (MEŘO). Pro použití neupravených rostlinných olejů je nutno provést konstrukční úpravu vznětového motoru. Důvodem jsou odlišné vlastnosti motorové nafty a řepkového oleje (viskozita, bod vzplanutí, filtrovatelnost) [9].

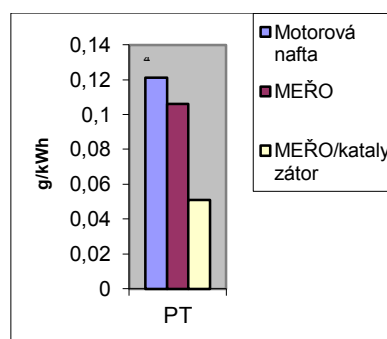
MEŘO znamená Methyl Ester Řepkového Oleje a je to produkt vznikající při reakci řepkového oleje s methanolem, známým pod pojmem bionafta. Ve srovnání s motorovou naftou dochází při použití MEŘO k významnému snížení emisí nespálených uhlovodíků (C_xH_y), tuhých částic a na nich navázaných polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU). Oproti motorové naftě neobsahují rostlinné oleje žádnou síru (S), a proto při jejich spalování nedochází ke vzniku oxidů síry SO_x , které přispívají ke vzniku kyselých dešťů [9]. Vliv druhu paliva na produkci C_xH_y je znázorněn na obrázku 3, na produkci CO na obrázku 4 a na produkci PM na obrázku 5.



Obrázek 3 Vliv paliva na produkci škodlivin C_xH_y [9].



Obrázek 4 Vliv paliva na produkci škodlivin CO [9].



Obrázek 5 Vliv paliva na produkci škodlivin PM [9].

3.3.2 Ethanol a methanol

Alkoholy nižších skupin mají obdobné vlastnosti jako paliva konvenční – ropná, benzín, nafta. Použití alkoholů jako paliva vyžaduje konstrukční úpravy stávajících motorů. Při použití alkoholových paliv je nutné používat aditiva zlepšující mazací vlastnosti. U alkoholů lze zvýšit kompresní poměr zážehových motorů díky vysoké antidetonační odolnosti. Při tvorbě směsi dochází k vnitřnímu ochlazování vzhledem k vysokému výparnému teplu, a s tím k výrazně lepšímu plnění válců. Výhřevnost alkoholů je sice nižší než u benzínu, ale spalování je rychlejší a dokonalejší [9]. Rozdíl mezi ethanolem a methanolem spočívá, mimo složení, mimo složení, ve způsobu jejich získávání. Ethanol je alkohol, který se vyrábí kvašením z rostlinných produktů a methanol je technicky vyráběný produkt, který se vyrábí syntézou plynu, získaného z těžkého oleje nebo zemního plynu při zplynění uhlí nebo destilací dřeva [9].

3.3.2.1 Ethanol

Ethanol se dnes běžně využívá jako náhrada benzínu ve spalovacích motorech, přičemž je to jedno z nejstarších alternativních paliv. Komerční zkušenosti s používáním ethanolu v dopravě mají hlavně v Brazílii (program Proalcool, palivo je tvořeno 26 až 30 % obj. ethanolu a programu MEG používaného především ve velkých městech, kdy palivo tvoří 60 % obj. ethanolu 33 % obj. methanolu a 7 % obj. benzínu). Na výrobu lze použít např. obilí, brambory, kukuřici, cukrovou třtinu, ovoce a jiné plodiny. Všeobecně platí, že emise vznikající spalováním ethanolu jsou nižší než v případě spalování benzínu, přičemž emise CO, tuhých částic a organických látek jsou přibližně o polovinu nižší a emise N₂O asi o jednu čtvrtinu nižší než emise zážehového motoru spalujícího benzín. Při použití 10 % obj. ethanolu a 90 % obj. benzínu dojde ke snížení tvorby CO o více jak 25 % [9].

3.3.2.2 Methanol

Methanol je možné vyrobit nejen z biomasy, ale také z některých fosilních paliv jako je zemní plyn nebo uhlí. Nevýhodou výroby methanolu z biomasy je, že jeho cena je asi dvojnásobná v porovnání se syntetickým methanolem vyrobeným ze zemního plynu [9]. Výhodou methanolu je, že neobsahuje síru a při jeho spalování dochází jen k velmi nízkému znečištění ovzduší. Methanol můžeme u zážehových motorů použít v čisté formě nebo jako směs s benzínem. U vznětových motorů je nutno provést změny v konstrukci motoru nebo použít směs nafty a methanolu. Další nevýhodou je vysoká toxicita methanolu jak při vdechnutí, tak při působení na kůži a zejména při požití. Snížení emisí při použití methanolu místo motorové nafty u nákladního automobilu je uvedeno v tabulce 2.

	Snížení emisí
NOx	-65%
CO	-95%
HC	-95%
tuhé částice PM	-100%

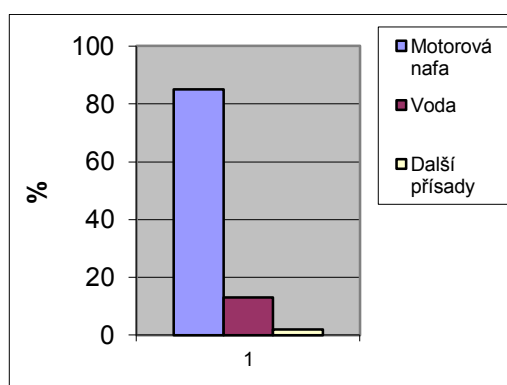
Tabulka 2 Snížení emisí při použití methanolu místo motorové nafty u nákladního automobilu [9].

3.3.3 Bioplyn

Získává se methanogenním kvašením organických látek. Nejčastěji jsou těmito látkami prasečí kejda nebo odpady v městských čistírnách (kalový plyn) [9]. Bioplyn je tvořen směsí plynů: 55 až 75 % obj. metan, 25 až 40 % obj. oxid uhličitý a 1 až 3 % obj. dalších plynů (vodík, dusík, sulfan). Bioplyn je pro účely pohonu motorových vozidel nutno zbavit přebytku nežádoucích příměsí, zejména oxidu uhličitého a sulfanu, tak aby odpovídal požadavkům na zemní plyn (obsah methanu nad 95 % obj., výhřevnost srovnatelná). Výhodou jsou nižší emise oproti benzínu a asi 30 % úspora nákladů na palivo [9].

3.3.4 Emulzní motorová nafta

Jedná se o emulzi obsahující 85 % obj. motorové nafty, 13 % obj. vody a 2 % obj. dalších přísad. Provoz vykazuje významná snížení emisních hodnot u tuhých částic (až o 80 %) a oxidů dusíku (až o 30 %). Jedná se tedy o směs emulzní nafty a vody a vozidla na klasickou naftu jí mohou bez problému spalovat [9]. Složení emulzní nafty je znázorněno na obrázku 6.



Obrázek 6 Složení Emulzní motorové nafty (%)

4 Emise spalovacích motorů

Palivem automobilových motorů bývá převážně automobilový benzín nebo motorová nafta. Jsou to směsi chemických sloučenin vodíku (H) a uhlíku (C) v různých poměrech. Tyto sloučeniny se nazývají uhlovodíky (H_xC_y). Během procesu spalování se uhlík a vodík slučují s kyslíkem (O_2) ze vzduchu, čímž se uvolní tepelná energie a vzniknou jiné chemické sloučeniny [1]. Při dokonalém spalování by se výfukové plyny sestávaly pouze z oxidu uhličitého (CO_2) a vody v plynném stavu (H_2O), které nejsou zdraví škodlivé. Avšak spalování ve spalovacích motorech není dokonalé, takže mimo CO_2 a H_2O obsahují výfukové plyny určité množství oxidu uhelnatého (CO), oxidu dusíku (sloučeniny kyslíku a dusíku ze spalovaného vzduchu označovaných NO_x), nespálených uhlovodíků (H_xC_y), oxidů síry a dalších složek. Mnohé z těchto komponent jsou považovány za zdraví škodlivé, a proto je úroveň jejich emisí stanovena mezinárodními normami, označenými jako limity CO, H_xC_y a NO_x [1]. Tyto předpisy byly zavedeny od roku 1970, kdy byly stanoveny hodnoty pro CO a H_xC_y na základě tehdejší technické úrovně spalovacích motorů a jejich příslušenství. S dalším rozvojem techniky a růstem počtů automobilů jsou požadavky na neustálé zpřísňování [1].

Historii zpřísňování požadavků na úroveň emisí ukazuje tabulka 3 a 4, kde jsou uvedeny limity pro zážehové a vznětové motory osobních automobilů střední třídy s referenční hmotností 1 020 až 1250 kg a předpokládaným objemem motoru 1 400 až 2 000 cm^3 . Limity platily, platí a předpokládá se jejich budoucí platnost ve většině evropských zemí. U předpisu EURO I a dalších (EURO II, III, IV, V, VI) se uvádí hmotnost do 2 500 kg [1].

Předpis	platí od r.	limity [$g \cdot km^{-1}$]			
		CO	H_xC_y	NO_x	$H_xC_y + NO_x$
Původně	1965-70	18,2	1,1	-	-
EHK 15/00	1971	12,2	0,85	-	-
EHK 15/01	1975	26	1,9	-	-
EHK 15/02	1976	26	1,9	2,9	-
EHK 15/03	1979	21,5	1,75	2,5	-
EHK 15/04	1982	16,5	-	-	5,06

Tabulka 3 Limity emisí podle předpisu EHK 15 pro kategorii vozidel M1 a N1 [$g \cdot km^{-1}$] [1].

Pro vznětové motory osobních automobilů jsou limity EURO I až EURO VI poněkud odlišné. Oproti zážehovým motorům jsou limitovány i tuhé částice (PM). Limity emisí jsou uvedeny v tabulce 4.

Emisní limity	Rok	Oxid uhelnatý (CO) mg.km ⁻¹		Uhlovodíky (C) mg.km ⁻¹		NO _x mg.km ⁻¹		C+NO _x mg.km ⁻¹		Částice (PM) mg.km ⁻¹	
		benzín	nafta	benzín	nafta	benzín	nafta	benzín	nafta	benzín	nafta
Euro 1	1992	2720	2720	-	-	-	-	-	970	-	140
Euro 2	1996	2200	1000	-	-	-	-	-	700	-	80
Euro 3	2000	2300	640	200	-	150	500	-	560	-	50
Euro 4	2005	1000	500	100	-	80	250	-	300	-	25
Euro 5	2009	1000	500	100	-	60	180	-	230	5	5
Euro 6	2014	1000	500	100	-	60	80	-	170	5	5

Tabulka 4 limity osobních automobilů se zážehovými a vznětovými motory [13]

Pozn.: benzín = zážehový motor; nafta = vznětový motor

4.1 Charakteristika vybraných škodlivin

Spalováním pohonných hmot v automobilových motorech vznikají mnohé škodliviny (xenobiotika), které mají nepříznivý vliv jak životní prostředí, tak na živé organismy. Při tomto spalování se do ovzduší dostávají především oxid uhelnatý (CO), polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) oxidy dusíku (NO_x). Emise olova (Pb) a oxidu siřičitého můžeme z důvodů modernizovaných technologií zanedbat. Problémem je zejména neustálý růst plynů přispívajících ke skleníkovému efektu: tj. oxid uhličitý (CO₂) a především oxid dusný (N₂O). K dalším látkám, které si zasluhují pozornost výzkumu, patří alifatické, aromatické a heterocyklické uhlovodíky, aldehydy, fenoly, ketony, dehet, saze a v neposlední řadě i kovy ze skupiny platiny, jako platina (Pt), paladium (Pd) a rhodium (Rh) [14].

4.1.1 Oxid uhličitý (CO₂)

Vzniká spalováním motorových paliv obsahujících uhlík (C) [14]. Oxid uhličitý je bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, který je tvořen jedním atomem uhlíku a dvěma atomy kyslíku. Oxid uhličitý je nedýchatelný a ve vyšších koncentracích může způsobit ztrátu vědomí a smrt. Koncentraci 1,5 % obj. ve vzduch snáší člověk i při vícehodinovém

působení bez následků. Nebezpečné jsou až koncentrace vyšší např. koncentrace 3-5 % obj. jsou životu nebezpečná po půlhodinovém pobytu. V krvi se totiž váže na hemoglobin a vytěsňuje tak kyslík, který se pak z plic obtížněji dostává do mozku a tkání těla [14]. Ve větším množství stimuluje dýchání, zrychluje se srdeční frekvence, při cca 10% obj. CO₂ ve vzduchu dochází k ochrnutí dýchání. Přítomnost většího množství CO₂ v nadýchaném vzduchu vede k porušení uhličitánové rovnováhy a k acidóze. Prach a mlha roztoků, např. uhličitanu sodného, vede po dlouhodobé expozici až k protržení (perforaci) stěny nosní přepážky (septa). Často se zapomíná, že CO₂ je těžší než vzduch a snadno se drží u země či v nižších prostorách, kde vytváří nedýchatelnou atmosféru [15].

4.1.2 Oxid uhelnatý (CO)

Vzniká spalováním uhlíku za nedostatečného přístupu vzduchu nebo za vysokých teplot [14]. Je také součástí výfukových plynů spalovacích motorů a značně přispívá k znečišťování ovzduší. Na celkovou produkci CO ze silniční dopravy má podstatný pozitivní vliv plynulost provozu [16]. Oxid uhelnatý se rychle vstřebává v plicích a přechází do krve [17]. Oxid uhelnatý je z hlediska bezpečnosti velmi zákeřný plyn (není detekován smyslovými orgány člověka). Dominantním účinkem CO je přeměna hemoglobinu na karboxyhemoglobin (HGCO). Schopnost slučování (afinita) CO k hemoglobinu je asi 200 - 300x větší než schopnost slučování kyslíku k hemoglobinu, se kterým vytváří oxyhemoglobin. Děj je vratný (reversibilní). Následkem je snížení přenosu kyslíku a dušení organismu. Velké množství CO může způsobit smrt během několika vteřin. Menší expozice - bolesti hlavy, spavost, bezvědomí, syčení v uších. Na nedostatek kyslíku reaguje nejcitlivěji centrální nervová soustava, mozková kůra a srdce. Mladí lidé jsou citlivější na CO, stejně tak muži více než ženy, velmi citlivé jsou však ženy těhotné [15].

4.1.3 Oxid siřičitý (SO₂)

Vzniká spalováním motorových paliv obsahujících síru (S) [14]. Jde o bezbarvý plyn štiplavého zápachu. Dráždí dýchací cesty, kdy vyvolává kašel a v některých případech může vzniknout až otok (edém) plic [15]. Oxid siřičitý má negativní vliv také na rostliny. Jeho akutní působení se projeví odumřením částí listů, jejich zbledením nebo zhnědnutím. Chronické působení vyvolává sníženou schopnost fotosyntézy [16]. Oxid siřičitý je rozpoznatelný smyslovými orgány od 2-3 mg/m³. Vyšší koncentrace dráždí (především

horní cesty dýchací), velká expozice může způsobit edém plic. Mimořádně velká akutní expozice může způsobit i rychlou smrt křečí hlasivek nebo reflexní zástavu dechu. Chronická expozice není úplně jasná. Je možnost vypěstování určité tolerance. Jinak chronická intoxikace ovlivňuje nepříznivě krvetvorbu, plíce, srdeční sval, menstruační cyklus u žen [15].

4.1.4 Oxidy dusíku (NO_x)

Vznikají při spalování směsi paliva a vzduchu oxidací vzdušného dusíku kyslíkem za vysokých teplot [14]. Oxidy dusíku jsou význačné atmosférické polutanty. Patří k nim oxid dusný, dusnatý, dusičitý a dusičný a ve směsi jsou označovány jako NO_x (NO_{xy} nebo nitrosní plyny). Spolu s těkavými organickými látkami a ultrafialovým zářením se podílejí na vzniku přízemního ozónu. Oxidy dusíku se vyznačují dráždivými účinky, mírnými až těžkými záněty průdušek či plic. Nejrozšířenějším oxidem dusíku v atmosféře je oxid dusný (N_2O), jehož hlavním zdrojem jsou denitrifikační bakterie v půdě a v povrchové vrstvě oceánů. Oxidy dusíku v atmosféře reagují s přítomnými polycyklickými aromatickými uhlovodíky za vzniku nitroderivátů (tzv. nitro-PAU), které jsou předmětem zájmu pro své mutagenní a karcinogenní účinky [16].

4.1.5 Oxid dusný (N_2O)

Vzniká reakcí vzdušného dusíku se vzdušným kyslíkem, zejména za přítomnosti katalyzátorů ze skupiny platinových kovů. Svou toxicitou se vymyká ze skupiny ostatních oxidů dusíku. Je to plyn nasládlého zápachu, který při inhalaci bez přítomnosti O_2 vede k prudkému dušení (jako N_2), ačkoli podporuje hoření. V nižší koncentraci ve směsi s kyslíkem (vzduchem) působí opojně (tzv. rajský plyn). Ve směsi s 10% ob. až 65% obj. O_2 se používá k lehčí narkose bez nepříjemných pocitů pro pacienta [15].

4.1.6 Oxid dusičitý (NO_2)

NO_2 je dráždivý plyn, který je částečně pohlcován hlenem dýchacích cest. Při inhalaci může být pohlcován z 80-90 %, v závislosti na dýchání nosem nebo ústy. Protože není příliš rozpustný ve vodě, horní cesty dýchací zadrží jen relativně malé množství inhalovaného NO_2 [17]. Po expozici může být sledován NO_2 v krvi nebo moči ve formě dusitanů a dusičnanů. NO_2 pravděpodobně reaguje přímo s povrchovými lipidy plazmových membrán endotelových buněk, což vede ke změně fyzikálního stavu povrchu

membrán a následně ke změně jejich fyziologické funkce. Bylo zjištěno, že již při malém vzrůstu jeho koncentrace dochází k významnému zvýšení pravděpodobnosti respiračního onemocnění. Opakovaná respirační onemocnění v dětství jsou považována za rizikový faktor, jehož následky se v dospělosti projeví větší dispozicí k onemocnění plic [16].

4.1.7 Ozon (O₃)

Vzniká sekundárně řetězovými radikálovými reakcemi v přízemních vrstvách atmosféry z molekulárního kyslíku za přítomnosti složek výfukových plynů oxidu dusíku a těkavých uhlovodíků vlivem slunečního záření, zejména při fotochemickém smogu [14]. Primárním cílovým orgánem ozonu (O₃) jsou plice. Expozice O₃ způsobuje buněčné a strukturální změny, přičemž celkový vliv spočívá ve snížené schopnosti plic vykonávat normální funkce. Pozorovaný zdravotní vliv expozice fotochemickým oxidantům nemůže být přičítán pouze oxidantům, protože fotochemický smog se typicky skládá z O₃, NO₂, kyseliny sírové a dalších reaktivních agens, včetně celé palety těkavých organických látek. Tyto imise mohou mít přídavný nebo synergický efekt na lidské zdraví, ale O₃ se zdá být biologicky neaktivnější [16]. Při akutní expozici ozonu dochází zejména k poškození horních cest dýchacích (překrvení nosní sliznice, zvýšená sekrece), poškození dolních cest dýchacích (kašel s produkcí sputa, pocit tlaku na hrudi, pálení za hrudní kostí), dráždění očních spojivek, bolest hlavy, únava, nespavost [15].

4.1.8 Olovo (Pb)

Do ovzduší se dostávalo v minulosti především z olovnatých benzínů, ve kterých bylo přítomno jako tetraethylolovo [16]. Nyní jsou jeho zdroji pláště pneumatik, mazadla, oleje a částice z opotřebení ložisek [14]. Účinek olova na člověka je velmi složitý a zahrnuje ovlivnění krevního barviva a červených krvinek, nervového systému, svalstva a cév, zažívacího traktu, ledvin a žláz s vnitřní sekrecí. Ovlivňuje reprodukční schopnosti (teratogenita, embryotoxicita). Olovo je kumulativní jed, který se váže na červené krvinky a převážně se ukládá v kostech [15].

4.1.9 Chrom (Cr)

Uvolňuje se do ovzduší z rotujících částí motoru. Chrom patří mezi esenciální prvky. Ovlivňuje metabolismus cukrů a tuků. Toxické účinky Cr²⁺ a Cr³⁺ jsou velmi malé, Cr⁶⁺ velmi závažné. Toxicita vyplývá zřejmě z jejich oxidačních vlastností, rozpustné

sloučeniny mají charakter mutagenní a karcinogenní. Sloučeniny jsou výrazně toxické vůči ledvinám a játrům. Inhalace prachu sloučenin Cr^{6+} vyvolává dráždění, vředy a puchýře na pokožce, protržení nosního septa, někdy je postižena Eustachova trubice, střední ucho (až perforace bubínku), hrtan, vazy hlasové, průdušnice. Předpokládá se možný vznik nádorů plic, nosní dutiny, zažívacího traktu. Sloučeniny Cr^{6+} jsou v ČR vedeny jako karcinogeny, některé jako mutageny či látky toxické pro reprodukci [15].

4.1.10 Platinové kovy (Pt, Rh, Pd)

Podstatným zdrojem platinových kovů v životním prostředí jsou emise z automobilových katalyzátorů. Automobily jsou považovány za mobilní zdroje platinových kovů [14]. Automobilové katalyzátory snižují obsah CO ve výfukových emisích až o 90 %, a rovněž katalyzují reakce, při nichž z uhlovodíků vzniká oxid uhličitý a voda a z oxidů dusíku dusík. V automobilovém katalyzátoru je průměrně obsaženo 1,7 g katalyticky účinné látky a jeho minimální životnost se udává na 80 000 km provozu. Bylo prokázáno, že dieselové motory, které jsou opatřeny katalyzátorem, emitují Pt ve formě platinové černi a motory benzínové ve formě povrchově oxidovaných částic. Emise platinových kovů závisí na mnoha faktorech, zejména na typu i stáří katalyzátoru, teplotě spalování, druhu motoru a paliva, rychlosti jízdy automobilu aj. [16]. Kovová platina je toxicky nezávadná, snad pouze jemný platinový prach může mít ve vzácných případech za následek vznik vyrážek. Jiná je situace u sloučenin platiny. Styk s jejími sloučeninami způsobuje dráždění a vznik precitlivlosti. Nejčastěji se objevují vyrážky, méně záněty spojivek, světloplachost, záněty nosohltanu, kašel, rýma, dechové obtíže a bolesti na prsou [15].

Rhodium - Rh

Je toxikologicky takřka neznámé. Soudí se, že má toxické účinky obdobné jako platina.

Palladium - Pd

Má ve svých sloučeninách pravděpodobně účinky na játra a ledviny.

4.1.11 Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Vznikají během nedokonalého spalování uhlovodíkových paliv. Jsou skupinou látek, ve které je zastoupena řada genotoxických látek (karcinogeny, mutageny, teratogeny).

Vícejaderné (kondenzované) aromatické uhlovodíky jsou součástí kamenouhelných dehtů a ropných destilačních zbytků. Uvedme alespoň benzo(a)pyren, benz(a)anthracen,

benzo(b)fluoranthren, benzo(k)fluoranthren (jsou řazeny mezi karcinogeny kategorie 2) [15].

4.1.12 Methyl-terc.-butylen (MTBE)

Od osmdesátých let se používá jako aditivum do bezolovnatých benzínů pro dosažení účinnějšího spalování. Jde o hořlavou kapalinu s velmi nepříjemným zápachem. Ve vzduchu může být rychle odbourán slunečním světlem. Má nízkou akutní inhalační toxicitu, střední akutní toxicitu při požití, není genotoxický, ale ve vysokých koncentracích může u hlodavců indukovat vznik nádorů [14].

4.1.13 Těkavé organické látky (VOC)

Nejvýznamnějším zdrojem jsou výfukové plyny a odpařování pohonných hmot z automobilů. Jedná se především o **benzen, toluen, ethylbenzen, xyleny**. Rizika spojená s expozicí VOC jsou především karcinogenita, toxicita pro játra a ledviny. Ve vysokých koncentracích mohou VOC způsobovat akutní podráždění očních spojivek a respiračního traktu, bolesti hlavy, závratě mdloby, celkový pocit malátnosti, nevolnosti. Tyto účinky jsou vratné [15].

Benzen – Hlavním zdrojem jsou emise z dopravních prostředků a vypařování během manipulace, distribuce a skladování paliv. V Evropě byl přítomen v automobilovém benzínu kolem 5 % obj., někdy i více než 10 % obj. V současné době se pohybuje v ČR kolem 1 %. Jedná se o bezbarvou, hořlavou, kapalinu snadno rozpouštějící tuky či kostní dřeň. Akutní intoxikace se projevuje stavy podobné opilosti (vzrušenost, závratě, ospalost), při větších dávkách křeče, bezvědomí, smrt. Při požití usmrcuje cca 30 g. Kůží se vstřebává špatně, odmašťuje ji a někdy dráždí (vyrážky). Chronická intoxikace vede k poškození krvinek (červených, bílých, krevních destiček apod.). Někdy je krvetvorná tkáň porušena do té míry, že nastává smrt. Projevuje se snadná náchylnost k infekci. A předpokládá se možnost vzniku leukémie. Benzen je považován za karcinogen a teratogen [15].

Toluen – Je používán ve směsích spolu s benzenem a xylenem za účelem zvýšení oktanového čísla automobilových benzínů [17]. Jedná se o bezbarvou kapalinu. Experimenty prokázaly, že většina toluenu je distribuována do tukové tkáně, nadledvinek,

ledvin a mozku. Byly prokázány vážné dysfunkce CNS a poškození chromozomů periferních lymfocytů [16].

Styren – Vzniká nedokonalými spalovacími procesy. Má vedle narkotických též výrazně dráždivé účinky. Je cítit od koncentrace 8 ppm. Při požití je jedovatější než benzen. Při vniknutí do oka může poškodit rohovku. Chronicky má mírné toxické účinky na játra, byl pozorován pokles krevního tlaku a lehké snížení počtu leukocytů. Kůži vysušuje a dráždí. Karcinogenita nebyla na experimentálních zvířatech prokázána [15].

4.1.14 Formaldehyd – Vzniká rovněž při nedokonalém spalování automobilových paliv. Jedná se o plyn ostrého zápachu, technicky se používá 40% vodný roztok (formalín), který obsahuje často methanol a kyselinu mravenčí. Formaldehyd vstupuje do organismu všemi cestami. Místně silně dráždí, koaguluje bílkoviny. Při nadýchávání způsobuje až plicní edém. Při požití koncentrovaných roztoků vyvolává záněty sliznic, poruchy vědomí, křeče, poškození ledvin. V ČR je formaldehyd zařazen mezi karcinogeny kategorie 3 [15].

4.1.15 1,3 - butadien – Vzniká nedokonalým spalováním pohonných hmot, zejména s vysokým obsahem olefinů [14]. V nízkých koncentracích může dojít k podráždění očí, krku a nosu. Akutní působení ve vysokých koncentracích může vyvolat poškození CNS, bolesti hlavy, snížení krevního tlaku až bezvědomí. Tato látka je klasifikována jako karcinogen podezřelý z vyvolání leukémie [15].

4.1.16 Suspendované pevné částice (PM) –

PM_{2,5-10} (hrubá frakce)- k jejich zdrojům patří spalovací procesy s emisemi částecek paliva a sazí. Hlavní složkou je krystalický materiál, oxidy kovů (Si, Al, Ti, Fe), CaCO₃, uhlíkaté agregace sazí a částčky pneumatik. Setrvávají v ovzduší po kratší dobu a jejich výskyt je omezen na blízké okolní zdroje [14].

PM_{2,5} (jemná frakce) – vzniká v důsledku chemických reakcí, kondenzací plyných emisí na povrch vzniklých částic či sražením (koagulací) nejmenších částic při spalování pohonných hmot [14].

PM_{0,2-0,5} – vznikají kondenzací plyných emisí či sražením (koagulací) menších částic ze spalovacích procesů. Mohou se přenášet i na velké vzdálenosti [14].

PM_{0,02} (ultrajemná frakce) – vzniká nukleací (tvorba krystalových zárodků z přesyceného roztoku) plynných škodlivin ze spalovacích procesů [14]. přechíslováno

PM_{0,01} (nanočástice) – jsou emitovány zejména z benzínových motorů [14].

Pevné částice v ovzduší nemají na rozdíl od plynných látek specifické složení, nýbrž představují komplexní směs různých komponent s odlišnými chemickými a fyzikálními vlastnostmi. I když je z hlediska zdravotních účinků specifickému složení částic věnována velká pozornost, výzkumy zde ještě nedospěly k možnosti spolehlivě odlišit nebezpečnost částic podle jejich zdrojů a složení a základní klasifikace je založena na velikosti částic, která je rozhodující pro jejich průnik a depozici v dýchacím traktu. Nejčastěji sledovaná je frakce PM₁₀ s průměrem do 10 μm, při vdechování proniká do dýchacího traktu. PM₁₀ zahrnuje jak hrubší frakci v rozmezí 2,5 μm – 10 μm, tak jemnou frakci PM_{2,5} s průměrem do 2,5 μm, pronikající až do plicních sklípků. Třetí, ze zdravotního hlediska intenzivně studovanou frakci, jsou ultrajemné částice (nanočástice) s průměrem pod 0,1 μm. Z dosavadních poznatků je zřejmé, že částice v ovzduší představují významný rizikový faktor s mnohočetným efektem na lidské zdraví. V oblastech s intenzivní dopravou je významným zdrojem hrubší frakce pevných částic otěr pneumatik, brzdových obložení a povrchu vozovek, tedy emise nepocházející přímo z výfukových plynů. Významný je zde i podíl bioaerosolu (pylová zrna, spory, fragmenty plísní a bakterií). Hrubší částice podléhají rychle sedimentaci během minut až hodin s přenosem řádově do kilometrové vzdálenosti. Ultrajemné částice jsou v ovzduší velmi nestabilní a rychle podléhají koagulaci. Jsou významně zastoupeny v emisích z dopravy a dosahují nejvyšší koncentrace v těsné blízkosti frekventovaných komunikací [18].

Akutní účinky suspendovaných částic ve znečištěném ovzduší na dýchací trakt zahrnují především dráždění a zánětlivou reakci sliznice dýchacích cest, ovlivnění řasinkového epitelu horních dýchacích cest, zvýšenou sekreci hlenu v průduškách a snížení samočisticí funkce a obranyschopnosti dýchacího traktu vůči infekci [18].

4.2. Vliv spalovacích motorů na životní prostředí Ostravska

Ve statutárním městě Ostrava je registrováno na 200 000 motorových vozidel, nemluvě o těch, která jsou registrována v jiných městech, kde je např. sídlo firmy, avšak v Ostravě se pohybujících [19]. Automobil je nedílnou součástí každodenního života. Bez neustálé přepravy výrobků a informací by moderní společnost nemohla existovat. Doprava tak naplňuje potřeby lidí a plní významnou společenskou a ekonomickou funkci [12].

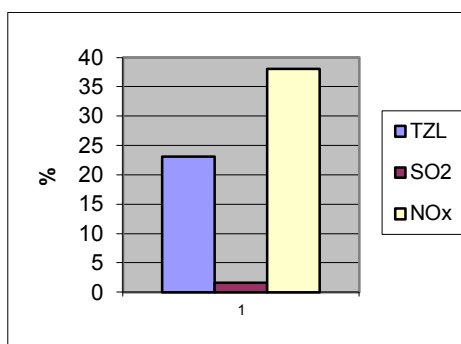
4.2.1 Znečištění ovzduší

Jedním z nejzávažnějších problémů dopravy, a to zejména v důsledku jejich významného rizika pro zdraví člověka, je znečištění ovzduší emisemi. V posledních letech výrazně roste podíl především automobilové dopravy na tomto znečištění, což se projevuje zejména v městských aglomeracích s vysokou intenzitou dopravy. Příčinou emisí škodlivin z motorů vozidel do volného ovzduší jsou výfukové plyny vznikající při spalování hmot. Jsou to komplexní směsi obsahující stovky chemických látek v různých koncentracích přispívající k dlouhodobému oteplování atmosféry, k tzv. „skleníkovému efektu“ nebo často s toxickými, mutagenními i karcinogenními vlastnostmi pro člověka.

Nejvýznamnější škodliviny znečišťující ovzduší z dopravy je možno rozdělit na látky limitované, na které se vztahují emisní limity a látky nelimitované. Mezi limitované škodliviny jsou řazeny oxid uhelnatý (CO), oxidy dusíků (NO_x), těkavé organické látky (VOC) a pevné částice pro vznětové vozidla (PM). S výjimkou PM dochází sice u nových vozidel v důsledku přísnějších limitů, daných normami EURO, k jejich poklesu, ale vzhledem ke zvyšujícímu se objemu dopravy, zejména nákladní, však dochází k celkovému růstu emisí. Nelimitované škodliviny mají často závažnější dopady na zdraví člověka, ale pro nedostatek informací o látkách samotných a vzhledem k daleko vyšší nárokům na měřicí techniku není v současné době jejich produkce monitorována. Do této skupiny řadíme látky přispívající k dlouhodobému oteplování atmosféry, tj. oxid uhličitý (CO₂), metan (CH₄), oxid dusný (N₂O). Další škodliviny, nebezpečné pro zdraví člověka, vznikají zejména při nedokonalém spalování pohonných hmot, jsou to polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), dehet, 1,3-butadien a benzen, toluen, xyleny (BTX). Při spalování pohonných hmot mohou vznikat rovněž polychlorované dibenzodioxiny/furany (PCDD/F) a polychlorované bifenyly (PCB) v případě přítomnosti chlóru ve spalovacím systému [12].

4.2.2 Zdroje znečištění ovzduší

Ostravsko patří dlouhodobě k regionům s nejhorším stavem ovzduší v Česku, resp. ve střední Evropě. Viníkem špatného ovzduší je těžký průmysl historicky situovaný v centru nebo blízkosti města Ostravy (Vysoké pece Ostrava a.s., Mittal Steel Ostrava a.s., OKD a.s. aj.), narůstající doprava a lokální zdroje emisí spalujících tuhá paliva. Mobilní zdroje se na znečištění ovzduší v roce 2004 podílely z 23,1% u tuhých znečišťujících látek, z 1,6% u SO₂, z 38% u NO_x, z 15,9% a 30,0% u VOC [20]. Podíl automobilů na celkovém znečištění Ostravy je znázorněn na obrázku 7.

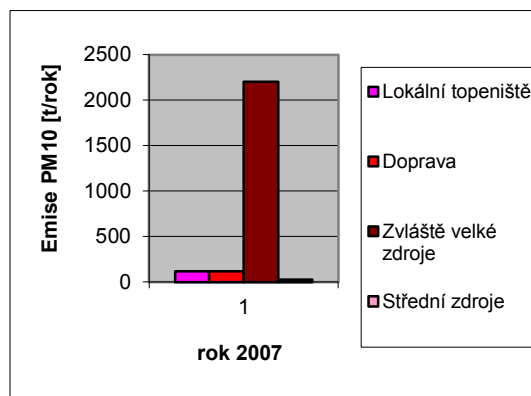


Obrázek 7 Podíl automobilů na znečištění ovzduší Ostravy rok 2004

Zdroj: Ostravské komunikace [20].

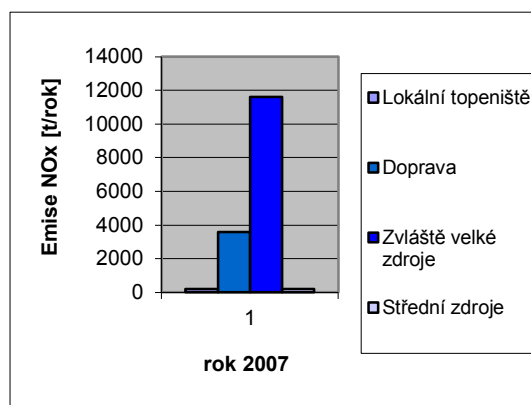
4.2.2.1 Charakteristika zdrojů znečištění ovzduší

Data o průmyslových zdrojích znečišťování ovzduší byla získána z databáze REZZO, v rámci které jsou sledovány zdroje emitující do ovzduší znečišťující látky. Neprůmyslové zdroje znečišťování ovzduší lze rozdělit na lokální topeniště a automobilovou dopravu. Lokální topeniště jsou energetické zdroje určené pro vytápění prostor k individuálnímu bydlení. Tvoří významnou skupinu zdrojů znečišťování ovzduší s ohledem na jejich velké množství, umístění přímo v obytné zástavbě, použitá paliva a nižší kvalitu spalovacích zařízení. Další z významné skupiny zdrojů znečišťování ovzduší je automobilová doprava. Stanovení emisí z těchto mobilních zdrojů spočívá především ve vyhodnocování údajů o charakteru automobilové dopravy, její struktuře a intenzitě [21]. Zdroje znečištění, které se podílejí na znečištění ovzduší, jsou uvedeny na obrázku 8 a 9.



Obrázek 8 Souhrnné emise PM₁₀ na území města Ostravy

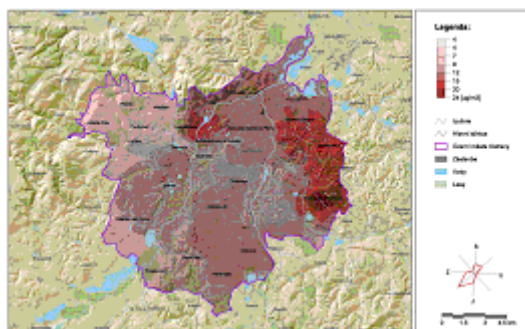
Zdroj: Zdravotnický ústav se sídlem v Ostravě [21].



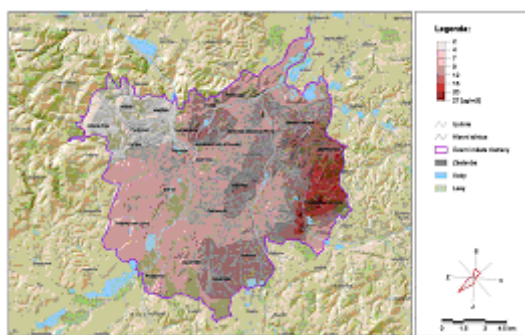
Obrázek 9 Souhrnné emise NO_x na území města Ostravy.

Zdroj: Zdravotnický ústav se sídlem v Ostravě [21].

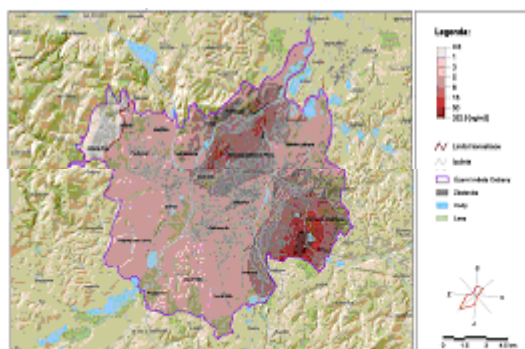
Je tedy zřejmé, že až na emise NO_x není doprava hlavním problémem znečištění ovzduší na území města. Hlavním problémem jsou zvláště velké zdroje znečištění ovzduší, které emitují do ovzduší škodliviny jako SO₂, B(a)P nebo As. Od roku 2003 tyto emise postupně klesají, jak je znázorněno na obrázcích 10 až 15:



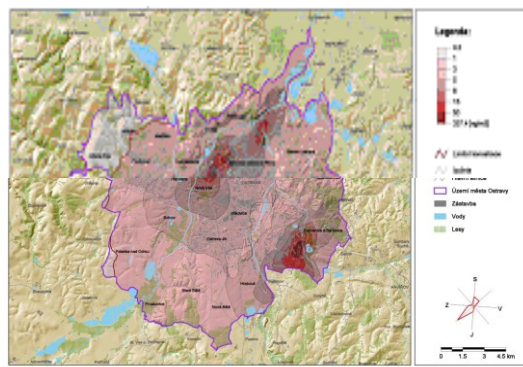
Obrázek 10 Průměrné roční koncentrace SO₂ na území města Ostravy
Celková imisní situace, 2003. Zdroj: Zdravotnický ústav se sídlem v Ostravě [21].



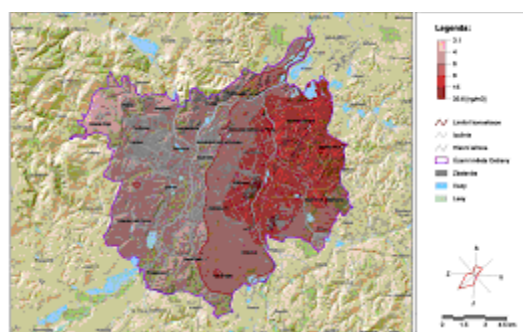
Obrázek 11 Průměrné roční koncentrace SO₂ na území města Ostravy
Celková imisní situace, 2007. Zdroj: Zdravotnický ústav se sídlem v Ostravě [21].



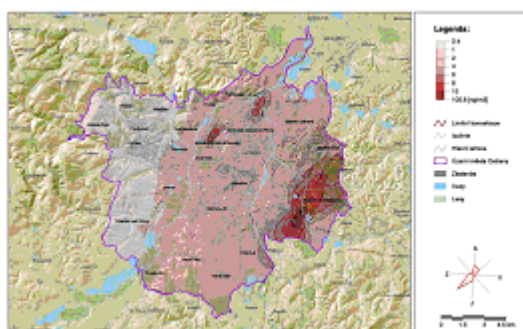
Obrázek 12 Průměrné roční koncentrace B(a)P na území města Ostravy
Celková imisní situace, 2003. Zdroj: Zdravotnický ústav se sídlem v Ostravě [21].



Obrázek 13 Průměrné roční koncentrace B(a)P na území města Ostravy
Celková imisní situace, 2007. Zdroj: Zdravotnický ústav se sídlem v Ostravě [21].



Obrázek 14 Průměrné roční koncentrace As na území města Ostravy
Celková imisní situace, 2003. Zdroj: Zdravotnický ústav se sídlem v Ostravě [21].

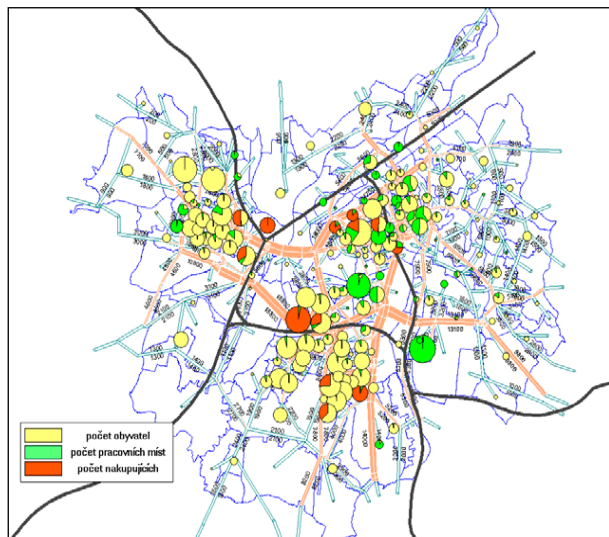


Obrázek 15 Průměrné roční koncentrace As na území města Ostravy
Celková imisní situace, 2007. Zdroj: Zdravotnický ústav se sídlem v Ostravě [21].

4.2.3 Znečištění vlivem dopravy

K znečištění z dopravy dochází nejvíce v místech, kde je dopravní situace nejhustší, jsou to především rozsáhlé sídliště, nákupní centra nebo místa se zvýšenou dopravou (nedostatečné úseky silnic).

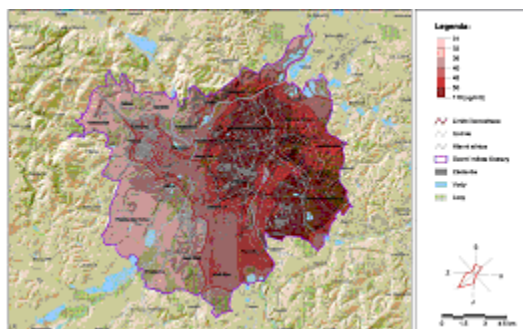
Množství a rozsah vypočtených emisních vydatností NO_x z provozu automobilové dopravy na jednotlivých posuzovaných komunikacích v roce 2006 se pohyboval v rozsahu 0,060 – 5,376 t/km/rok, přičemž průměrná hodnota ze všech hodnocených komunikací činila 1,338 t/km/rok. Je možno konstatovat, že došlo k poklesu emisního zatížení na posuzovaných komunikacích, kdy se v roce 2005 rozsah emisní vydatnosti pohyboval v intervalu 0,066 – 5,568 t/km/rok a průměrná hodnota činila 1,448 t/km/rok, což je způsobeno hlavně snížením emisních faktorů pro lehká nákladní vozidla o 45 % pro rok 2006 oproti roku 2005. Nejvyšší emisní vydatnost NO_x byla jako každoročně vypočtena na ul. Rudná v úseku Místecká – Frýdecká a druhé nejvyšší emisní zatížení bylo vypočteno na ulici Mariánskohorská v úseku 28. října – Grmelova [22]. Modelové území města Ostravy bylo nejprve rozděleno na vnitřní a vnější dopravní zóny. Vnitřní zóny odpovídají základním sídelním jednotkám (ZSJ), vnější zóny jsou tvořeny koncovými body na komunikacích vně města, kudy se doprava dostává do modelového území a kudy z něj vyjíždí, jak je uvedeno na obrázku 16.



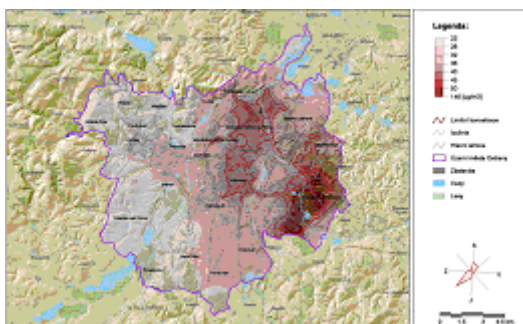
Obrázek 16 Dopravní produkce a atraktivita vnitřních zón v modelovém území.

Zdroj: Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě [21].

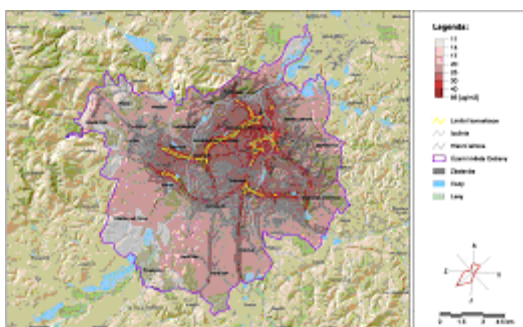
Postupné snižování koncentrací PM_{10} a NO_2 , jak je uvedeno na obrázcích 17 až 20 od roku 2003 po rok 2007 je dáno zejména zlepšením rozptylových podmínek, obnovou vozového parku a zlepšení dopravní situace na území města.



Obrázek 17 Průměrné roční koncentrace PM_{10} na území města Ostravy
Celková imisní situace, 2003. Zdroj: Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě [21]

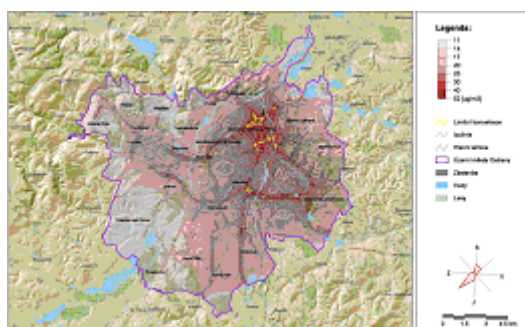


Obrázek 18 Průměrné roční koncentrace PM_{10} na území města Ostravy
Celková imisní situace, 2007. Zdroj: Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě [21]



Obrázek 19 Průměrné roční koncentrace NO_2 na území města Ostravy

Celková imisní situace, 2003. Zdroj: Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě [21]

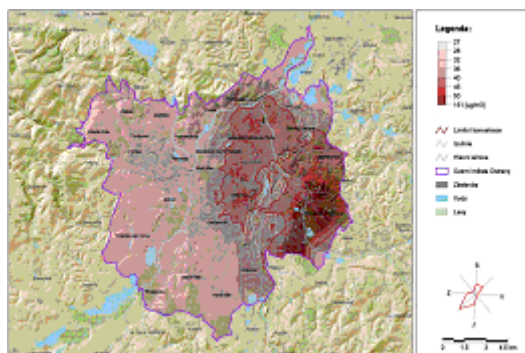


Obrázek 20 Průměrné roční koncentrace NO_2 na území města Ostravy

Celková imisní situace, 2007. Zdroj: Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě [21]

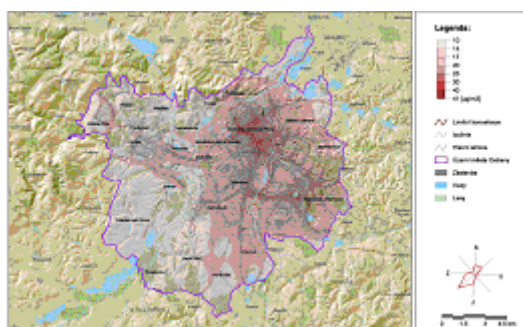
Dopravní situace, která zahrnuje dokončení stavby dálnice D 47 a k ní navazující pozemní komunikace včetně tzv. Prodloužené Rudné (zastavená ministrem dopravy Bártou), Prodloužené Místecké a Severního spoje. Jedná se tedy o napojení dálnice D 47 na dálnici D 1 (Praha, Brno, Bohumín), která dále pokračuje na území Polska. Po dokončení všech zamýšlených staveb dojde k odlehčení dnes přetížených komunikací (zejména ulice Opavská, 17. listopadu). Při tomto vyplývá, že zhoršená imisní situace PM_{10} se zlepší zejména v západní a jižní části města. Je to předpokladem kombinace snížení emisí z dopravy a vymístěním části tranzitní dopravy mimo hustě osídlené oblasti.

Z výsledků modelování výhledového stavu po dostavbě dálnice D47 a jejích přivaděčů, jak je znázorněno na obrázcích 21 a 22 vyplývá, že překračování dlouhodobých imisních limitů NO_2 , které bylo podle výsledků analýz zapříčiněno automobilovou dopravou, se po dostavbě dálnice omezí a k překračování imisních limitů by mohlo docházet pouze v menších oblastech některých frekventovaných křižovatek [21].



Obrázek 21 Průměrné roční koncentrace PM_{10} na území města po dostavbě dálnice D 47.

Zdroj: Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě [21]



Obrázek 22 Průměrné roční koncentrace NO₂ na území města po dostavbě dálnice D47.

Zdroj: Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě [21]

4.2.5 Výsledky

Výsledky emisí z dopravy byly vyhodnoceny pro všech pět sledovaných emisí, tj. oxidů dusíku, pevných částic PM₁₀, oxidu siřičitého, benzenu a benzo(a)pyrenu jsou uvedeny v příloze. Následující tabulky 5 až 9 ukazují vývoj emisní zátěže na vybraných úsecích komunikací [21]:

Tabulka 5 Vývoj emisní zátěže z dopravy ve vybraných lokalitách – NO_x [kg.km⁻¹.den⁻¹].

Lokalita	Rok			
	2003	2005	2007	2010
Mariánskohorská (28. října - Švermova)	158,937	141,678	126,028	37,996
Mariánskohorská (Místecká – Cihelní)	114,893	102,631	101,170	24,720
Mariánskohorská (Cihelní – Nádražní)	79,996	70,688	68,684	20,704
Bohumínská (Dědičná - Hladnovská)	52,576	45,957	41,658	8,190
Fryštátská (Rudná – Těšínská)	43,138	36,101	28,028	38,467
Rudná (Bohumínská – Místecká)	152,694	135,284	116,883	85,182
Místecká (Dr. Martinka – Moravská)	48,930	27,074	24,717	21,310
Českobratrská (Nádražní - Přívozká)	49,983	48,308	47,420	22,753
Plzeňská (Výškovická – 28. října)	93,039	84,830	79,281	28,880
Rudná (Výškovická – D47)	130,265	114,903	95,433	141,392
17. listopadu (K myslivně - Hlavní)	58,025	53,334	16,721	16,721
Opavská (Studentská – Krásnopolská)	58,158	52,389	50,474	7,386
Opavská (17. listopadu - Porubská)	41,348	35,279	33,991	10,209
Provozní (Martinovská – Na Heleně)	13,604	12,614	12,538	37,027
Bohumínská (Muglinovská – Antošovická)	80,659	73,765	72,127	6,623
28. října (Mariánskohorská – U koupaliště)	45,948	39,268	37,322	29,756
Dr. Martinka (Horní – Místecká)	70,954	58,742	55,506	75,714

Sokolská (Muglinovská – Partyzánské nám.)	126,829	110,332	93,028	78,280
---	---------	---------	--------	--------

Tabulka 6 Vývoj emisní zátěže z dopravy ve vybraných lokalitách – PM10 [kg.km⁻¹.den⁻¹].

Lokalita	Rok			
	2003	2005	2007	2010
Mariánskohorská (28. října - Švermova)	8,641	7,686	7,815	2,412
Mariánskohorská (Místecká – Cihelní)	8,252	7,418	7,335	1,637
Mariánskohorská (Cihelní – Nádražní)	5,202	4,672	4,620	1,371
Bohumínská (Dědičná - Hladnovská)	3,031	2,719	2,790	0,552
Fryštátská (Rudná – Těšínská)	2,290	2,036	1,993	2,597
Rudná (Bohumínská – Místecká)	8,757	7,964	7,808	5,750
Místecká (Dr. Martíňka – Moravská)	3,261	1,623	1,571	1,411
Českobratrská (Nádražní - Přívozká)	3,320	3,181	3,178	1,506
Plzeňská (Výškovická – 28. října)	5,071	4,690	4,802	1,834
Rudná (Výškovická – D47)	7,280	6,659	6,516	9,361
17. listopadu (K myslivně - Hlavní)	3,913	3,591	3,508	1,107
Opavská (Studentská – Krásnopolská)	3,745	3,424	3,373	0,489
Opavská (17. listopadu - Porubská)	2,553	2,258	2,242	0,676
Provozní (Martinovská – Na Heleně)	0,983	0,892	0,878	2,563
Bohumínská (Muglinovská – Antošovická)	5,298	4,867	4,848	0,439
28. října (Mariánskohorská – U koupaliště)	2,825	2,504	2,460	1,970
Dr. Martíňka (Horní – Místecká)	4,080	3,577	3,553	5,013
Sokolská (Muglinovská – Partyzánské nám.)	7,117	6,421	6,321	5,284

Tabulka 7 Vývoj emisní zátěže z dopravy ve vybraných lokalitách – SO2 [kg.km⁻¹.den⁻¹].

Lokalita	Rok			
	2003	2005	2007	2010
Mariánskohorská (28. října - Švermova)	0,203	0,221	0,233	0,085
Mariánskohorská (Místecká – Cihelní)	0,239	0,246	0,259	0,087
Mariánskohorská (Cihelní – Nádražní)	0,209	0,213	0,225	0,087
Bohumínská (Dědičná - Hladnovská)	0,080	0,085	0,096	0,021
Fryštátská (Rudná – Těšínská)	0,089	0,094	0,096	0,094
Rudná (Bohumínská – Místecká)	0,238	0,260	0,265	0,208
Sokolská (Muglinovská – Partyzánské nám.)	0,107	0,159	0,160	0,089
Českobratrská (Nádražní - Přívozká)	0,112	0,151	0,166	0,095
Plzeňská (Výškovická – 28. října)	0,118	0,110	0,117	0,064
Rudná (Výškovická – D47)	0,226	0,250	0,254	0,593
17. listopadu (K myslivně – Hlavní)	0,115	0,131	0,129	0,070
Opavská (Studentská – Krásnopolská)	0,161	0,176	0,183	0,031
Opavská (17. listopadu – Porubská)	0,143	0,141	0,150	0,043
Provozní (Martinovská – Na Heleně)	0,010	0,011	0,012	0,130
Bohumínská (Muglinovská – Antošovická)	0,197	0,222	0,240	0,028
28. října (Mariánskohorská – U	0,162	0,160	0,166	0,124

koupaliště)				
Dr. Martínka (Horní – Místecká)	0,323	0,320	0,338	0,317
Místecká (Dr. Martínka – Moravská)	0,216	0,232	0,239	0,192

Tabulka 8 Vývoj emisní zátěže z dopravy ve vybraných lokalitách – benzen [kg.km⁻¹.den⁻¹].

Lokalita	Rok			
	2003	2005	2007	2010
Mariánskohorská (28. října - Švermova)	0,846	0,676	0,572	0,210
Mariánskohorská (Místecká – Cihelní)	1,282	0,939	0,769	0,223
Mariánskohorská (Cihelní – Nádražní)	0,767	0,584	0,495	0,186
Bohumínská (Dědičná - Hladnovská)	0,402	0,299	0,266	0,056
Fryštátská (Rudná – Těšínská)	0,496	0,354	0,268	0,261
Rudná (Bohumínská – Místecká)	1,204	0,926	0,731	0,579
Sokolská (Muglinovská – Partyzánské nám.)	0,391	0,429	0,332	0,192
Českobratrská (Nádražní - Přívozská)	0,411	0,414	0,363	0,205
Plzeňská (Výškovická – 28. října)	0,487	0,315	0,283	0,160
Rudná (Výškovická – D47)	1,190	0,913	0,705	1,273
17. listopadu (K myslivně – Hlavní)	0,419	0,360	0,295	0,151
Opavská (Studentská – Krásnopolská)	0,593	0,482	0,399	0,067
Opavská (17. listopadu – Porubská)	0,529	0,383	0,320	0,093
Provozní (Martinovská – Na Heleně)	0,034	0,032	0,032	0,335
Bohumínská (Muglinovská – Antošovická)	0,721	0,609	0,527	0,060
28. října (Mariánskohorská – U koupaliště)	0,599	0,437	0,354	0,268
Dr. Martínka (Horní – Místecká)	1,202	0,863	0,705	0,687
Místecká (Dr. Martínka – Moravská)	1,133	0,845	0,664	0,532

Tabulka 9 Vývoj emisní zátěže z dopravy ve vybraných lokalitách – B(a)P [mg.km⁻¹.den⁻¹].

Lokalita	Rok			
	2003	2005	2007	2010
Mariánskohorská (28. října - Švermova)	10,990	11,510	11,674	3,892
Mariánskohorská (Místecká – Cihelní)	1,269	1,254	1,267	0,633
Mariánskohorská (Cihelní – Nádražní)	1,607	1,591	1,595	0,531
Bohumínská (Dědičná - Hladnovská)	2,137	2,143	2,276	0,461
Fryštátská (Rudná – Těšínská)	2,033	1,958	1,897	2,166
Rudná (Bohumínská – Místecká)	6,269	6,416	6,326	4,797
Sokolská (Muglinovská – Partyzánské nám.)	0,946	1,103	1,129	0,583
Českobratrská (Nádražní - Přívozská)	0,946	1,103	1,129	0,583
Plzeňská (Výškovická – 28. října)	6,403	6,397	6,584	2,959
Rudná (Výškovická – D47)	5,620	5,739	5,608	3,623
17. listopadu (K myslivně – Hlavní)	1,048	1,114	1,093	0,429
Opavská (Studentská – Krásnopolská)	1,199	1,231	1,220	0,189
Opavská (17. listopadu – Porubská)	0,945	0,891	0,890	0,262
Provozní (Martinovská – Na Heleně)	0,191	0,207	0,213	0,680
Bohumínská (Muglinovská – Antošovická)	1,576	1,660	1,684	0,170
28. října (Mariánskohorská – U	1,059	1,004	0,981	0,763

koupaliště)				
Dr. Martíňka (Horní – Místecká)	1,873	1,724	1,697	1,940
Místecká (Dr. Martíňka – Moravská)	5,430	5,437	5,369	4,409

Jak vyplývá z uvedených tabulek, jednotlivé škodliviny postupně klesají, kdy tento pokles je zapříčiněn jak obnovou vozového parku, tak zlepšení rozptylových podmínek. Ve výhledu by však mělo dojít k dalšímu snížení, neboť značný podíl dopravy převezme plánovaná souběžná dálnice ostatní plánované silnice (Prodloužené Rudné, Prodloužené Místecké a Severního spoje) [21].

5 Možnosti zmírnění negativních vlivů dopravy

Možností ke snížení škodlivých vlivů z dopravy je hned několik. Patří mezi ně takové vlivy, které pozitivně ovlivňují dopravní režim (výstavba nových komunikací, dopravní zklidňování, podpora veřejné osobní a cyklistické dopravy aj.). Dalšími opatřeními této skupiny je zvyšování kvality dopravních prostředků a zvyšování kvality údržby komunikací, ale také výsadba městské zeleně.

5.1 Zeleň jako opatření pro zlepšení kvality ovzduší na území statutárního města Ostravy

Nezastupitelnou úlohu ve zlepšování kvality ovzduší ve městě Ostrava plní městská zeleň, která působí jako přirozený filtr škodlivých látek v ovzduší. Zeleň ve městě vytváří kyslík, zvlhčuje a ochlazuje vzduch, hubí choroboplodné mikroorganismy, zachycuje přímenní ozón, jemný poléťavý prach, oxid uhličitý, oxidy síry i dusíku a mnoho dalších škodlivin. Veřejná zeleň v Ostravě je rozdělena do několika funkčních typů, z nichž nejdominantnější je zeleň obytných souborů. Zastoupení nejvhodnějších funkčních typů tj. parků a parkově upravených ploch je rovněž poměrně vysoké. Statutární město Ostrava vynakládá ročně z rozpočtu města na údržbu veškeré veřejné zeleně v majetku města prostřednictvím neúčelových dotací přibližně 84 milionů korun. K tomuto je nutno připočíst možnost čerpání až přibližně 12 milionů korun ročně z Fondu životního prostředí, který byl zřízen Zastupitelstvem města Ostravy pro účely péče o životní prostředí [23].

5.2 Zvyšování atraktivity veřejné dopravy

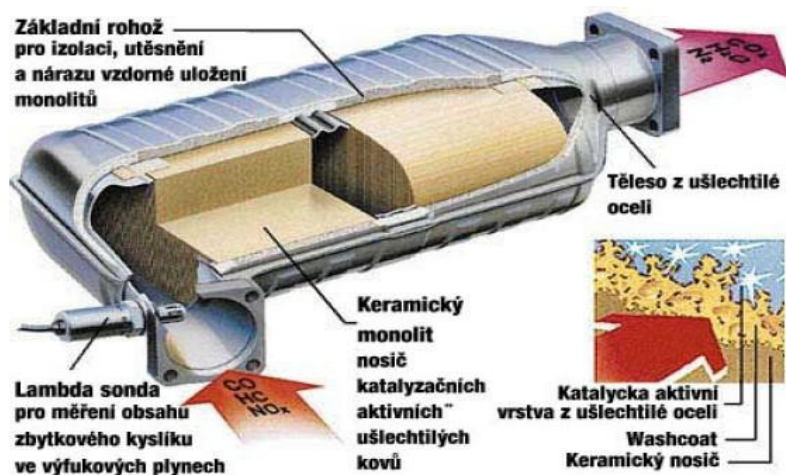
Pro zvyšování pohodlnosti při cestování jsou do provozu neustále nasazována stále modernější vozidla, které mají zajistit jak větší pohodlí, tak atraktivitu. Ve větších městech často dochází k zpomalování vozidel městské hromadné dopravy automobilovou dopravou, což snižuje jejich cestovní rychlost, a tudíž i jejich preferenci. Z tohoto důvodu jsou zavedena opatření, která mají tuto rychlost zvýšit. Mezi tyto opatření patří například výstavba vyhrazených jízdních pruhů nebo preference vozidel MHD na světelných křižovatkách.

5.3 Emisní limity a obnova vozového parku

V řadě případů se u vozidel setkáváme se staršími typy osobních vozidel s nefunkčními katalyzátory nebo bez nich. Tyto vozidla jsou postupně vyřazována z provozu a jsou nahrazena novými nebo alespoň novějšími typy vozidel, která splňují emisní limity používané v České republice, tedy limity EURO 1-5, které jsou používány ve všech zemích Evropské unie.

5.4 Zařízení pro úpravu spalín

Katalyzátory jsou účinná technická opatření používaná ke snížení škodlivých látek z výfukových plynů, především oxidu uhelnatého (CO), uhlovodíků (H_xC_y) a oxidů dusíku (NO_x). Jedná se o zařízení, které působí svou přítomností, a v němž dochází k chemické reakci a následné přeměně výfukových plynů na méně nebezpečné látky. V dnešní době se u zážehových motorů využívá třicestných řízených katalyzátorů, které snižují obsah tří nejnebezpečnějších složek výfukových plynů a to CO , NO_x a H_xC_y . Občas se také vyskytuje název oxidačně-redukční katalyzátor, pojmenovaný podle reakcí, které v něm probíhají (oxidace, redukce). Katalyzátor snižuje obsah CO ve výfukových plynech až 15krát, H_xC_y a NO_x až 10krát. Obdobné je to i u dieselových motorů, které jsou vybaveny pouze oxidačním katalyzátorem [24]. Třicestný katalyzátor je znázorněn na obrázku 23.



Obrázek 23 Třicestný katalyzátor. Zdroj: vscht.cz [25]

5.5 Zlepšení kvalit pohonných hmot

Od roku 2000 je kladen důraz na snižování obsahu síry a dalších škodlivin jak v automobilových benzinech, tak v automobilové naftě. Snižování škodlivin produkovaných dopravou je zajišťováno stupnicí na kvalitu automobilového paliva. Tabulka 10 uvádí zlepšování kvality pohonných hmot.

Automobilový benzín	od 1.1.2000	od 1.1.2005
max. obsah síry [mg.kg-1]	150	10
max. obsah benzenu [% obj]	1	1
max. obsah aromátů [% obj]	42	35
max. obsah olefinů [% obj]	18	18
max. obsah kyslíku [% obj]	2,7	2,7
max. obsah olova [mg.l-1]	13	13
Motorová nafta		
max. obsah síry [mg.kg-1]	350	10
max. obsah PAH [% obj]	11	11
min. cetanové číslo	51	51

Tabulka 10 Zlepšování kvality pohonných hmot. Zdroj: Adamec [12]

5.4 Recirkulace výfukových plynů

Většího ovlivňování podílu inertních plynů je možno dosáhnout pomocí vnější recirkulaci spalin, při které se již vytlačené plyny přivádějí výfukovým potrubím zpět k potrubí sacímu. K tomuto nám slouží elektronický ventil recirkulace spalin, který řídí řídicí jednotka vozidla. Při tomto určuje řídicí jednotka průřez ventilu, přes který se odebírá část spalin a přivádí se do nasávaného čerstvého vzduchu. Tato recirkulace snižuje spotřebu paliva a také emise oxidu dusíku NO_x . Tento mechanismus se uplatňuje i u vznětových motorů. Vratné množství výfukových plynů je přesně určováno řídicí jednotkou. Pokud by docházelo k nadměrnému množství zpětně přiváděných výfukových plynů, docházelo by k nedostatku vzduchu a k nárůstu emisí sazí, CO a H_xC_y [26].

ZÁVĚR

Jak je zřejmé z předchozího textu, na znečištění města Ostravy spalovací motory podstatný vliv na znečištění nemají. Tento podstatný podíl na znečištění ovzduší mají hlavně zvláště velké zdroje znečištění ovzduší (REZZO 1), které postupně klesají, ale přesto jsou na území města Ostravy překračovány limity škodlivin. U koncentrace škodliviny PM_{10} se na situaci podílejí zvláště velké zdroje znečištění ovzduší, doprava a lokální topeniště. Tyto koncentrace postupně klesají. Na koncentraci oxidu dusičitého (NO_2) se podílí dominantně doprava, postupné snižování koncentrace je dáno obnovou vozového parku a zlepšení rozptylových podmínek. Zvláště velké zdroje znečištění ovzduší se mají na svědomí překročené koncentrace oxidu siřičitého (SO_2). U škodlivin arátu (As) a B(a)P se na emisní situaci podílejí zvláště velké zdroje znečištění ovzduší (ArcelorMittal Ostrava, koksovny OKD, OKK a.s.)

Po dostavení dálnice D 47 a dalších navazujících komunikací, dojde ke zlepšení celkové imisní situace u PM_{10} a NO_2 zejména v západní části města (Poruba). V ostatních částech města bude i nadále překročován imisní limit pro PM_2 . Přesto, že koncentrace NO_2 poklesnou, okolo frekventovaných komunikací, na křižovatkách a v centru města bude stále převládat nebezpečí vzniku fotochemického smogu.

Je proto důležité jejich vliv automobilové dopravy redukovat. Tohoto lze dosáhnout zavedením některých opatření zejména zvýšení poplatků za parkování, omezení provozu automobilů v městských centrech, zvýšení komfortu MHD a budování širší sítě jejich zastávek (stanic), zvýšení cestovní rychlosti zavedením vyhrazených jízdních pruhů pro autobusy a trolejbusy a upřednostnění vozidel MHD. K tomu patří preferovat hlavní tahy tramvajové dopravy (Poruba-centrum, Výškovice-centrum, Dubina-centrum) a trolejbusové dopravy (ul. Česko-bratrská), které přepravují osoby bez nutnosti přestupování.

SEZNAM LITERATURY

- [1] Ferenc B.: *Spalovací motory : karburátory, vstřikování paliva a optimalizace parametrů motoru*. Vyd. 3.. - Brno : Computer Press, 2009.
- [2] Jan Z., Ždánský B.: *Automobil. 3, Motory* [Jan, 2000]. - 1. vyd.. - Brno : Avid, 2000
- [3] *Princip činnosti automobilových motorů* [online]. [citováno: 10. 4. 2011], Dostupný z: <<http://auta5p.eu/informace/motory/motory.htm>>.
- [4] Vlk F.: *Vozidlové spalovací motory*. - 1. vyd.. - Brno : F. Vlk, 2003 - viii, 580 s. : il. ISBN 80-238-8756-4
- [5] Vlk F.: *Paliva a maziva motorových vozidel*. - 1. vyd.. - Brno : F. Vlk, 2006 - vii, 376 s. : il. ISBN 80-239-6461-5
- [6] Wiseman P.: *Základy petrochemie* ; [z anglického originálu] přeložili Zdeněk Kafka a Mečislav Kuraš. - Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1988
- [7] Blažek J., Rábl V.: *Základy zpracování a využití ropy*. 2. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2006. ISBN 80-7080-619-2
- [8] Hovorka F.: *Technologie chemických látek*. 1. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2005. Str. 181. ISBN 80-7080-588-9
- [9] Vlk F.: *Alternativní pohony motorových vozidel*. 1. vyd.. - Brno : F. Vlk, 2004 - vi, 234 s. : il. ISBN 80-239-1602-5 (brož.)
- [10] FERENC B.: *Spalovací motory : karburátory a vstřikování paliva*. Vyd. 1.. - Praha : Computer Press, 2004 - 388 s.: il. ISBN 80-251-0207-6
- [11] *Porovnání emisí škodlivin vozu s pohonem na CNG s vozy na benzín a naftu*, 2008, [online]. [citováno: 15. 3. 2011], Dostupný z: <<http://www.cngauto.cz/ekologie/>>

- [12] ADAMEC, V. a kol.: *Doprava, zdraví a životní prostředí* - 1. vyd.. - Praha : Grada Publishing, 2008 - 160 s., xvi s. obr. příl. : il., mapy ISBN 978-80-247-2156-9
- [13] Brůhová-Foltýnová, H.: *Administrativní nástroje v dopravě* [online]. Enviwiki; [citováno: 24. 4. 2011]. Dostupný z:
<http://www.enviwiki.cz/w/index.php?title=Administrativn%C3%AD_n%C3%A1stroje_v_doprav%C4%9B&oldid=11729>.
- [14] Kurfürst J.: *Kompendium ochrany kvality ovzduší*. - Vyd. 1.. - Chrudim : Vodní zdroje Ekomonitor, 2008 - 407 s. : il., mapy ISBN 978-80-86832-38-8 (váz.)
- [15] RUSEK V.: *Základy toxikologie a úvod do problematiky hygieny a bezpečnosti Práce v chemické laboratoři*. Pardubice, 2001.
- [16] Centrum dopravního výzkumu Brno.: *Environmentální a zdravotní rizika polutantů produkovaných dopravou*, únor 2004, Souhrnná zpráva o stavu řešení výzkumného projektu Z2/2 – Snižování účinků dopravy na životní prostředí, Příloha 1. E01/98:Z20000000, [online]. [citováno: 10. 3. 2011] Dostupný z :
<<http://www.cdv.cz/text/szp/vz2004/p01.pdf>>
- [17] ŠUTA M.: *Účinky výfukových plynů z automobilů na lidské zdraví*. Děti Země, Plzeň 2008. ISBN 80-86678-10-5
- [18] Havel, V.: *Řešení energetického využití organických odpadů a kalů z Prahy – Lokalita Drasty*. [online]. Svitavy, 2010. [citováno: 19. 4. 2011]. Dostupný z:
<<http://www.klecany.cz/filestorage/DRASTA%20EIA%20HOSPODARSTVI/Priloha%20I.16%20-%20Posouzeni%20vlivu%20na%20verejne%20zdravi.pdf>>
- [19] Zychová V.: *Správné parkování* [online]. Městská policie Ostrava; [citováno: 22. 4. 2011]. Dostupný z:
<<http://www.mpostrava.cz/WebForms/Stranky/Detail.aspx?Id=94&IdParent=28>>

- [20] Navrátilová M., Laža J.: *Zlepšení čistoty ovzduší města Ostravy v oblasti dopravy*. Ostrava, listopad 2007. Původní zpráva - JÚ 0417/XXXVI
- [21] Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě: *Analýza kvality ovzduší na území města Ostravy a legislativa v ochraně ovzduší - Popis imisní a emisní situace na území města Ostravy, přenosu emisí z okolních měst, vlivu dopravy a dálkového přenosu z Polska, rozklad platné legislativy a návrh na její změnu*. Ostrava, 2008.
- [22] Bílek J.: *Problematika ovzduší z pohledu ZÚ Ostrava* [online]. Ostrava, 2011[citováno: 24.4.2011]. Dostupný z:
<<http://www.ostrava.cz/jahiaJahiaostravao-mestepid7351>>
- [23] Odbor ochrany životního prostředí Magistrátu města Ostravy: *Konkrétní opatření k zlepšení kvality ovzduší na území statutárního města Ostravy*[online].
[citováno: 16. 3. 2011] Ostrava, červenec 2010, Dostupný z:
<http://www.ostrava.cz/jahiawebdavsiteostravasharedaktuality_noveAktuality_2010Konkretniopat_eni_k_zlep_eni_kvality_ovzdu_i_na_uzemi_SMO-opravakap.1.1.doc>.
- [24] Centrum dopravního výzkumu: *Vliv katalyzátorů na produkci emisí CO₂, N₂O a CH₄* [online]. Brno, 2004. [citováno: 5. 4. 2011] Dostupný z:
<http://www.cdv.cz/text/szp/ovzdusi/vliv_katalyzatoru.pdf>
- [25] Vysoká Škola Chemicko-Technologická v Praze, *Znečištění ovzduší z dopravy* [online]. [citováno: 6. 4. 2011] Dostupný z:
<<http://www.vscht.cz/uchop/velebudice/ovzdusi/doprava.htm>>.
- [26] Vlk F.: *Automobilová technická příručka*. - 1. vyd.. - Brno : F. Vlk, 2003, 791 s.:
i l. ISBN 80-238-9681-4 (váz.)
- [27] [scania.cz](http://scania.cz/buses-coaches/city-suburban/) [online]. Dostupný z: <<http://scania.cz/buses-coaches/city-suburban/>>.

- [28] infoportaly.cz [online]. Dostupný z:
<<http://www.infoportaly.cz/ostravsko/ostrava/6559-ostravsky-magistrat-hodnotil-dopad-bezplatne-mhd-v-dobe-smogu>>.
- [29] dpo.cz [online]. Dostupný z: <<http://dpo.cz/vozy/autobusy.htm>>.
- [30] ŠEBOR, G. et al. Program MEFA - výpočet emisních faktorů motorových vozidel. Praha, MŽP, 2007, Dostupný z: <http://mzp.cz/cz/vypocet_emisnich_faktoru>
- [31] TICHÝ M.: *Toxikologie pro chemiky : toxikologie obecná, speciální, analytická a legislativa*. - 1. vyd.. - Praha : Karolinum, 1998 - 90 s. : il. ISBN 80-7184-625-2
- [32] ŠKAPA P.: *Doprava a životní prostředí I*. - 1. vyd.. - Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2003 - xxv, 113 s. ISBN 80-248-0433-6 (brož.)
- [33] Kameš J.: *Speciální motorová vozidla. Spalovací motory*. - 2. přeprac. a rozš. vyd.. - Praha : Česká zemědělská univerzita, 2010 - 193 s. : il. ISBN 80-213-0895-8
- [34] Paleček J., Palatý J.: *Toxikologie, hygiena a bezpečnost práce v chemii* [Paleček, 1994]. - 4. vyd.. - Praha : Vysoká škola chemicko-technologická [Praha], 1994, ISBN 80-7080-203-0
- [35] HERČÍK M.: *Životní prostředí Základy environmentalistiky*, Ostrava, 2007, dotisk 1. vydání, 150s, ISBN 978-80-248-1073-7
- [36] OBROUČKA K.: *Ochrana ovzduší I (zdroje a látky znečišťující ovzduší)*. Vysoká škola podnikání , a.s., v Ostravě 2003

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Al	Hliník
B(a)P	Benzo (a) pyren
BTX	Benzen, toluen, xyleny
CaCO ₃	Uhličitán vápenatý
Cd	Kadmium
CH ₄	Methan
CNG	Stlačený zemní plyn (compressed natural gas)
CNS	Centrální nervová soustava
CO	Oxid uhelnatý
CO ₂	Oxid uhličitý
Cr	Chrom
Fe	Železo
HC	Nespálené uhlovodíky
HGCO	Karboxyhemoglobin
LPG	Zkapalněný ropný plyn (liquified petroleum gas)
MEŘO	Metylester řepkového oleje
MHD	Městská hromadná doprava
MPa	Mega Pascal
MTBE	Methyl-terc.-butylen
N ₂	Dusík
N ₂ O	Oxid dusný
nitro-PAU	nitroderiváty
NO ₂	Oxid dusičitý
NO _x	oxidy dusíku
O	Kyslík
O ₃	Ozon
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky
PAH	Polyaromatické uhlovodíky
Pb	Olovo
[Pb(C ₂ H ₅) ₄]	Tetraetylolova
[Pb(CH ₃) ₄]	tetrametylolova

PCB	polychlorované bifenyly
PCDD	polychlorované dibenzodioxiny
PCDF	polychlorované dibenzofurany
Pd	Palladium
PM	Suspendované pevné částice
Rh	Rhodium
S	Síra
SO ₂	Oxid siřičitý
SO _x	Oxidy síry
Si	Křemík
Ti	Titan
VOC	Těkavé organické látky

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Pracovní cyklus spalovacího motoru.....	11
Obrázek 2 Dělení rafinérských plynů.....	14
Obrázek 3 Vliv paliva na produkci škodlivin HC.....	19
Obrázek 4 Vliv paliva na produkci škodlivin CO.....	20
Obrázek 5 Vliv paliva na produkci škodlivin PT.....	20
Obrázek 6 Složení Emulzní motorové nafty.....	22
Obrázek 7 Podíl automobilů na znečištění ovzduší Ostravy rok 2004.....	33
Obrázek 8 Souhrnné emise PM ₁₀ na území města Ostravy.....	34
Obrázek 9 Souhrnné emise NO _x na území města Ostravy.....	34
Obrázek 10 Průměrné roční koncentrace SO ₂ na území města Ostravy Celková imisní situace, 2003.....	35
Obrázek 11 Průměrné roční koncentrace SO ₂ na území města Ostravy Celková imisní situace, 2007.....	35
Obrázek 12 Průměrné roční koncentrace B(a)P na území města Ostravy Celková imisní situace, 2003.....	35
Obrázek 13 Průměrné roční koncentrace B(a)P na území města Ostravy Celková imisní situace, 2007.....	36
Obrázek 14 Průměrné roční koncentrace As na území města Ostravy Celková imisní situace, 2003.....	36
Obrázek 15 Průměrné roční koncentrace As na území města Ostravy Celková imisní situace, 2007.....	36
Obrázek 16 Dopravní produkce a atraktivita vnitřních zón v modelovém území.....	37
Obrázek 17 Průměrné roční koncentrace PM ₁₀ na území města Ostravy Celková imisní situace, 2003.....	38
Obrázek 18 Průměrné roční koncentrace PM ₁₀ na území města Ostravy Celková imisní situace, 2007.....	38
Obrázek 19 Průměrné roční koncentrace NO ₂ na území města Ostravy Celková imisní situace, 2003.....	38
Obrázek 20 Průměrné roční koncentrace NO ₂ na území města Ostravy Celková imisní situace, 2007.....	39
Obrázek 21 Průměrné roční koncentrace PM ₁₀ na území města po dostavbě dálnice D 47	39

Obrázek 22 Průměrné roční koncentrace NO ₂ na území města po dostavbě dálnice D 47.....	40
Obrázek 23 Třícestnýkatalyzátor.....	45

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Porovnání škodlivin vozidel na CNG proti benzínovým a naftovým vozidlům.....	18
Tabulka 2 Snížení emisí při použití methanolu místo motorové nafty u nákladního automobilu.....	21
Tabulka 3 Limity emisí podle předpisu EHK 15 pro kategorii vozidel M11 a N12 [g/km].....	23
Tabulka 4 limity osobních automobilů s zážehovými a vznětovými motory.....	24
Tabulka 5 Vývoj emisní zátěže z dopravy ve vybraných lokalitách – NO _x [kg.km-1.den-1].....	40
Tabulka 6 Vývoj emisní zátěže z dopravy ve vybraných lokalitách – PM ₁₀ [kg.km-1.den-1].....	41
Tabulka 7 Vývoj emisní zátěže z dopravy ve vybraných lokalitách – SO ₂ [kg.km-1.den-1].....	41
Tabulka 8 Vývoj emisní zátěže z dopravy ve vybraných lokalitách – benzen [kg.km-1.den-1].....	42
Tabulka 9 Vývoj emisní zátěže z dopravy ve vybraných lokalitách – B(a)P [mg.km-1.den-1].....	42
Tabulka 10 Zlepšování kvality pohonných hmot.....	45

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Autobus Scania na ethanol

Příloha č. 2 – Znečištění ovzduší v Ostravě

Příloha č. 3 – Moderní autobus zvyšuje atraktivitu MHD a pohodlí cestujících



Příloha č. 1 – Autobus Scania na ethanol.

Zdroj: scania.cz [27]



Příloha č. 2 – Znečištění ovzduší v Ostravě.

Zdroj: infoportaly.cz [28]



Příloha č. 3 – Moderní autobus zvyšuje atraktivitu MHD a pohodlí cestujících.

Zdroj: dpo.cz [29]